

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακή Διατριβή **Στην Ασφάλεια Υπολογιστών και Δικτύων**



Η Στυλομετρία ως Μέσο Αναγνώρισης Προσώπων

Αντώνιος Πατεργιανάκης

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Κωνσταντίνος Λιμνιώτης

Απρίλιος 2021

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Η Στυλομετρία ως Μέσο Αναγνώρισης Προσώπων

Αντώνιος Πατεργιανάκης

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Κωνσταντίνος Λιμνιώτης

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε
προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση

μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών
στην Ασφάλεια Υπολογιστών και Δικτύων

από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών
του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου

Απρίλιος 2021

Περίληψη

Στην εποχή της ψηφιακής επανάστασης που διανύουμε, οι πληροφορίες που αποθηκεύονται στο διαδίκτυο αυξάνονται με εκθετικό ρυθμό. Παράλληλα, ανακαλύπτονται ολοένα και περισσότεροι τρόποι αξιοποίησης και εκμετάλλευσης αυτού του ωκεανού πληροφοριών. Ο ρυθμός της τεχνολογικής ανάπτυξης είναι τόσο μεγάλος ώστε τα κράτη δεν προλαβαίνουν να συμβαδίσουν με αυτόν όσον αφορά τη σωστή εκπαίδευση των πολιτών, αλλά και την οριοθέτηση της χρήσης των τεχνολογιών αυτών και την ανάπτυξη της απαραίτητης νομοθεσίας η οποία θα προστατεύει τους πολίτες από τους κινδύνους που ελλοχεύουν λόγω της άγνοιας ή της κακής χρήσης τους.

Ένας από τους μεγαλύτερους κινδύνους στο διαδίκτυο αφορά τις ατομικές ελευθερίες και την ιδιωτικότητα. Ο μέσος χρήστης δημοσιοποιεί καθημερινά απόψεις, ιδέες και πληροφορίες που αφορούν τη ζωή του, πίσω από ένα ψευδώνυμο ή ένα προφίλ, θεωρώντας ότι η ιδιωτικότητα του είναι προστατευμένη. Η εξέλιξη της τεχνολογίας όμως, κάνει πλέον εφικτή την ταυτοποίηση του ατόμου και την εξαγωγή συμπερασμάτων ακόμα και ερήμην του.

Μία τέτοια περίπτωση όπου υπάρχουσα τεχνολογία θα μπορούσε, αν δεν χρησιμοποιηθεί θεμιτά, να πλήξει την ιδιωτικότητα συγγραφέα ενός κειμένου που επιθυμεί να μείνει ανώνυμος, χρησιμοποιώντας μόνο τον τρόπο γραφής του, αναλύοντας τον και συγκρίνοντάς τον με άλλα κείμενα του ιδίου, είναι η στυλομετρία. Λόγω της συναφούς τεχνολογίας, ένα απλό τυχαίο ψευδώνυμο ίσως δεν είναι πλέον αρκετό για να εξασφαλίσει την ανωνυμία μας στο διαδίκτυο. Αποτελεί επομένως επιτακτική ανάγκη να αποτιμηθούν οι δυνατότητες χρήσης των μεθόδων της στυλομετρίας, και οι επιπτώσεις που μπορεί να έχει η χρήση τους στην προστασία της ιδιωτικότητας στο διαδίκτυο.

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έχει ως στόχο να παρουσιάσει, τόσο μέσω θεωρητικής μελέτης αλλά και πειραματικών δοκιμών, τη δυνατότητα αυτοματοποιημένης ταυτοποίησης ενός προσώπου με τη χρήση της στυλομετρίας. Επίσης η διατριβή αποσκοπά στο να αναλύσει τους κινδύνους αναφορικά με την ιδιωτικότητα που προκύπτουν από τη χρήση της, να αποτιμήσει την αποτελεσματικότητα ενός στυλομετρικού συστήματος ταυτοποίησης αλλά και την ευκολία παραπλάνησης του, διερευνώντας, μέσω εκτέλεσης κατάλληλων πειραμάτων, τη δυνατότητα «ανωνυμοποίησης» ενός συγγραφέα έναντι μεθόδων στυλομετρίας. Τέλος να κάνει μια αναφορά σε χρήσιμα πεδία εφαρμογής της στυλομετρίας αλλά και σε ζητήματα για περαιτέρω έρευνα.

Λέξεις Κλειδιά: Στυλομετρία, Προσωπικά Δεδομένα, Ιδιωτικότητα, Δημιουργία προφίλ, GDPR,

Summary

In this age of digital revolution, the information stored on the internet is growing exponentially. At the same time, more and more ways are being discovered to use and exploit this ocean of information. The pace of technological development is so great that governments and societies do not manage to keep up with it in terms of proper education of citizens, but also with the delimitation of the use of these technologies and the development of the necessary legislation that will protect citizens from the risks involved due to ignorance or misuse.

One of the biggest dangers on the internet nowadays concerns individual liberties and digital privacy. The average user publishes daily, without hesitation, his opinions, ideas and information about his life, using a pseudonym or a profile, assuming that his privacy is protected. However, the evolution of technology, makes it possible to identify individuals who consider themselves anonymous as well as to create a profile of them, without letting them know of it.

One such technology that could put privacy at risk in case that it is not used fairly is stylometry, since it may be used to identify, the author of a text, using only the way he writes, analyzing it and comparing it with other texts of the same author. As a result, a nickname may no longer be enough to ensure our anonymity on the internet. It is therefore imperative to assess the potential use of stylometry methods, and the implications of their use for online privacy protection.

The present dissertation aims to present, both through theoretical study as well as through performing relevant experiments, the possibility of automated identification of a person using stylometry. Also, this thesis aims to analyze the risks regarding privacy arising from its use, to evaluate the effectiveness of a stylometric identification system and its ease of deception, via exploring through experiments whether an author of a text could be “anonymised” against stylometric methods. Finally, to make a reference to useful fields of application of stylometry and also to areas for further research.

Keywords: Stylometry, Personal Data, Privacy, Profile creation, GDPR,

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της Μεταπτυχιακής Διατριβής μου, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπων καθηγητή μου Δρ. Κωνσταντίνο Λιμνιώτη, ο οποίος ήταν πάντα διαθέσιμος να προσφέρει την πολύτιμη βοήθεια του και να κατευθύνει και να εμπνεύσει την προσπάθειά μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη σύντροφο μου και την οικογένεια μου για την κατανόηση και την αμέριστη συμπαράσταση τους, όχι μόνο κατά την εκπόνηση της εν λόγω διατριβής, αλλά και καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

Περίληψη	1
Summary	2
Ευχαριστίες	3
1 Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή	6
1.1 Ερευνητικά Ερωτήματα	8
1.2 Μεθοδολογία	8
1.1 Δομή της Μεταπτυχιακής Διατριβής	9
2 Κεφάλαιο 2 – Στυλομετρία	10
2.1 Στυλομετρία	10
2.2 Χρήσεις της Στυλομετρίας	11
2.3 Στυλομετρία για Ταυτοποίηση Προσώπων	12
2.3.1 Στυλομετρικές μέθοδοι ταυτοποίησης	13
2.4 Περιορισμοί της Στυλομετρίας	15
3 Κεφάλαιο 3 - Προσωπικά Δεδομένα και Θέματα Ιδιωτικότητας	17
3.1 Προσωπικά Δεδομένα	19
3.2 Η Έννοια της Ιδιωτικότητας	20
3.3 Η Σημασία της Ιδιωτικότητας	21
3.1 Βήματα για το μέλλον	23
4 Κεφάλαιο 4 – Εφαρμογή - Το Σύστημα “ShadowCloak”	24
4.1 Σκοπός	24
4.2 ShadowCloak	25
4.3 Μεθοδολογία	38
4.3.1 Η αναπαράσταση του στυλ	38
4.3.2 Η ταυτοποίηση του συγγραφέα	39
4.3.3 Η συλλογή των κειμένων	41
4.3.4 Η επεξεργασία των δεδομένων	42
4.4 Αποτελέσματα	43
4.4.1 Η κατηγορία των βιβλίων	43
4.4.2 Η κατηγορία των Blog Posts	46
4.4.3 Η κατηγορία των Emails	52

4.4.4	Η κατηγορία των Social Media Posts	71
4.4.5	Ανωνυμοποίηση	80
4.4.6	Ανασκόπηση των αποτελεσμάτων	81
5	Κεφάλαιο 5 – Συμπεράσματα	82
5.1	Συμπεράσματα	83
5.1.1	Η απειλή στην ιδιωτικότητα	84
5.2	Περεταίρω έρευνα	86
5.3	Επίλογος	89
	Βιβλιογραφία	90

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Το διαδίκτυο στις μέρες μας έχει αναμφισβήτητα κατακτήσει τη μερίδα του λέοντος από τα παραδοσιακά μέσα επικοινωνίας, ενημέρωσης, διαφήμισης και προβολής. Θα λέγαμε ότι αποτελεί τον κεντρικό δίαυλο μέσα από τον οποίο περνάνε όλες σχεδόν οι πληροφορίες που παράγει και καταναλώνει η σύγχρονη ανθρωπότητα, πληροφορίες οι οποίες εν τέλει αποθηκεύονται με δομημένο και κωδικοποιημένο τρόπο στις αέναες αποθήκες μνήμης της ανθρωπότητας που αποτελούν τα γιγαντιαία data centers της Amazon, της Alphabet, της Facebook και άλλων κολοσσών την πληροφορικής. Παράλληλα, οι “έξυπνες” συσκευές και οι εφαρμογές τους έχουν κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να εκπέμπουν διαρκώς κάθε είδους πληροφορίες, συμβαδίζοντας με την επικρατούσα κουλτούρα εξωστρέφειας. Από την άλλη πλευρά όμως, εγείρονται πολλά ζητήματα και ως προς την ιδιωτικότητα του χρήστη, αφού πολλοί οργανισμοί συλλέγουν μεγάλο όγκο προσωπικών δεδομένων των οποίων η μη διαφανής χρήση ελλοχεύει κινδύνους.

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο όπου ο μέσος χρήστης συναινεί, συνήθως ακούσια και εν αγνοία του, στο να παρέχει πληθώρα προσωπικών πληροφοριών σε παραλήπτες που δεν τους γνωρίζει και οι οποίοι θα υποβάλλουν τα δεδομένα του σε διαδικασίες αυτοματοποιημένης επεξεργασίας και

δημιουργίας προφίλ, αποτελεί επιτακτική ανάγκη να επανεξεταστεί το ζήτημα της ιδιωτικότητας και της ατομικής ελευθερίας.

Στην Ευρώπη έχουν γίνει κάποια βήματα για την προστασία των προσωπικών δεδομένων, ειδικότερα με τη θεσμοθέτηση του Γενικού Κανονισμού Προστασίας Δεδομένων GDPR (General Data Protection Regulation) για την προστασία των Δεδομένων Προσωπικού Χαρακτήρα. Παρόλα αυτά ο Κανονισμός αυτός, ακόμα κι αν εφαρμοζόταν καθολικά, αποτελεί ένα μόνο βήμα σε μια συνεχή προσπάθεια για τη σωστή οριοθέτηση και χρήση των νέων τεχνολογιών.

Ένα από τα σημεία που συμπεριλαμβάνει ο προαναφερθείς Κανονισμός αφορά την υποχρέωση ενημέρωσης του υποκειμένου (χρήστη) σε περίπτωση συλλογής και περαιτέρω επεξεργασίας δεδομένων του (προσωπικά δεδομένα). Επιπλέον, υπάρχει και ένα άλλο σύνολο προϋποθέσεων που πρέπει να πληρούνται για να είναι νόμιμη η επεξεργασία προσωπικών δεδομένων: για παράδειγμα, σε πολλές περιπτώσεις η επεξεργασία μπορεί να είναι νόμιμη μόνο με τη ρητή συγκατάθεση του χρήστη, κατόπιν πλήρους ενημέρωσής του, είτε πρόκειται για αυτοματοποιημένη ή μη επεξεργασία [01]. Η εμπειρία καταδεικνύει ότι αυτό δεν είναι πάντα η περίπτωση: για παράδειγμα, πολλοί χρήστες με απλή πλοήγησή τους στο Διαδίκτυο αφήνουν «ίχνη» που παρέχουν σημαντική πληροφορία η οποία επιτρέπει σε όσους τη συλλέγουν να αναπτύξουν «προφίλ» των χρηστών ερήμην τους, για διάφορους σκοπούς – που μπορεί να ποικίλουν από διαφημιστικούς μέχρι πολιτική χειραγώγησή τους όπως στη γνωστή περίπτωση του περιστατικού της Cambridge Analytica [18]. Σε άλλες περιπτώσεις, χρήστες νομίζουν ότι είναι «ανώνυμοι» κατά την πλοήγησή τους στο Διαδίκτυο ή κατά τη χρήση διαδικτυακών εφαρμογών αλλά από το σύνολο των (μετα)δεδομένων των πληροφοριών που διαχέουν δύνανται να ταυτοποιηθούν από τρίτους, χωρίς οι ίδιοι να το γνωρίζουν [19].

Ένας τέτοιος τρόπος αυτοματοποιημένης επεξεργασίας για την εξαγωγή της ταυτότητας ενός προσώπου από τον τρόπο γραφής του, είναι και η στυλομετρία, η οποία γνωρίζει πολλές εφαρμογές που άπτονται της αξιοποίησης της πληροφορίας που απορρέει από τον τρόπο γραφής ενός κειμένου. Όμως, ταυτόχρονα, εκ των εγγενών χαρακτηριστικών της, η στυλομετρία μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την προστασία προσωπικών δεδομένων εάν χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση ενός προσώπου σε περιπτώσεις για τις οποίες η αναγνώριση αυτή αντιβαίνει στις προϋποθέσεις νόμιμης επεξεργασίας προσωπικών δεδομένων (π.χ. σε περιπτώσεις whistleblowers ή σε περιπτώσεις χρηστών ανώνυμων κοινωνικών δικτύων). Αυτή η πτυχή της στυλομετρίας αποτελεί το γενικό αντικείμενο αυτής της διατριβής.

1.1 Ερευνητικά Ερωτήματα

Η διατριβή αυτή θα διερευνήσει τη δυνατότητα ταυτοποίησης προσώπων με τη χρήση της στυλομετρίας. Πιο συγκεκριμένα, θα διερευνηθούν οι δυνατότητες ενός συστήματος στυλομετρίας να αναγνωρίσει τον συγγραφέα ενός κειμένου, συγκρίνοντας τον τρόπο γραφής του με ένα corpus κειμένων του ίδιου, υπό το πρίσμα όμως του κινδύνου ως προς την ιδιωτικότητα (δηλαδή, για περιπτώσεις για τις οποίες η αναγνώριση/ταυτοποίηση χρήστη δεν είναι σύμφωνη με τη νομοθεσία προσωπικών δεδομένων και, ως εκ τούτου, οι τεχνικές στυλομετρίας αποτελούν «απειλή» για την ιδιωτικότητα). Από τα παραπάνω μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα τα οποία τίγονται στην παρούσα διατριβή:

- Είναι ο τρόπος γραφής ενός κειμένου ικανό κριτήριο για την αναγνώριση του συγγραφέα του;
- Είναι εφικτό, με τη χρήση στυλομετρικών μεθόδων στατιστικής ανάλυσης, να αναγνωριστεί με καθοριστικό τρόπο ο συγγραφέας ενός κειμένου;
- Πόσο μεγάλος όγκος δεδομένων απαιτείται για την επαρκή ανάλυση του τρόπου γραφής ενός συγγραφέα;
- Σε ποιες κατηγορίες κειμένων (πχ βιβλία, άρθρα, social media posts, emails) έχει καλύτερα αποτελέσματα η στυλομετρία;
- Ποιες απειλές εγείρονται για την ιδιωτικότητα από τις δυνατότητες της στυλομετρίας και πώς οι απειλές αυτές θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν;
- Ποιες άλλες εφαρμογές μπορεί να έχει η στυλομετρία;

1.2 Μεθοδολογία

Κατά την παρούσα διατριβή επιχειρήθηκε η διαμέσου πειραμάτων διερεύνηση των δυνατοτήτων της στυλομετρίας στην ταυτοποίηση προσώπων. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε ένα σύστημα στυλομετρικής ανάλυσης το οποίο δεδομένου ενός κειμένου (test case), επιχειρεί την ταυτοποίηση του συγγραφέα του, μέσα από ένα σύνολο συγγραφέων των οποίων κείμενα έχουν πρώτα εισαχθεί στη βιβλιοθήκη ως είσοδος (training set). Τα κείμενα χωρίστηκαν σε κατηγορίες (Βιβλία, Blog Posts, Emails και Social Media Posts) έτσι ώστε να εξεταστεί η αποτελεσματικότητα της στυλομετρικής ανάλυσης ανάλογα το μέγεθος και τη δομή της κάθε

κατηγορίας. Επιπλέον, εξετάστηκε η δυνατότητα “παραπλάνησης” του συστήματος και αποφυγής της ταυτοποίησης, στο πλαίσιο ενίσχυσης της ιδιωτικότητας του χρήστη, με ειδικές τεχνικές «απόκρυψης» του προσωπικού του στυλ γραφής που τον ταυτοποιεί. Ακολούθησε παρουσίαση των αποτελεσμάτων και αναφορά στις επιπτώσεις της χρήσης της στυλομετρίας ως μέσο ταυτοποίησης για την ιδιωτικότητα στο διαδίκτυο. Τέλος, αναφέρθηκαν άλλοι τομείς εφαρμογής της στυλομετρίας και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

1.3 Δομή της Μεταπτυχιακής Διατριβής

Στο πρώτο κεφάλαιο της διατριβής γίνεται μια γενική εισαγωγή στο θέμα το οποίο ερευνάται και στο ευρύτερο πλαίσιο από το οποίο αναδύθηκε η ανάγκη για την εκπόνηση της διατριβής αυτής. Γίνεται επίσης αναφορά γύρω από την κατάσταση του διαδικτύου στις μέρες μας αναφορικά με την ιδιωτικότητα όπως επίσης και μια γενική περιγραφή της στυλομετρίας. Τέλος ακολουθεί μια περιγραφή της γενικής μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την απάντηση στα ερευνητικά ερωτήματα και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια εκτενέστερη περιγραφή και ανάλυση της στυλομετρίας γενικά, των εφαρμογών της και της χρήσης της ως μέθοδο ταυτοποίησης προσώπων. Γίνεται παράλληλα μια ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας και των αντίστοιχων ερευνών σε αυτό το πεδίο. Τέλος παρουσιάζονται κάποιοι περιορισμοί που επηρεάζουν την αποδοτικότητα της ως μέθοδο ταυτοποίησης.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα προσωπικά δεδομένα και στην κατάχρησή τους στο διαδίκτυο. Παρουσιάζονται επίσης κάποιες απειλές για την ιδιωτικότητα με τις οποίες έρχονται αντιμέτωποι οι χρήστες του διαδικτύου, η σημασία της ιδιωτικότητας αλλά και βήματα που θα πρέπει να γίνουν για να βελτιωθεί η κατάσταση στο μέλλον.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται πιο επιστάμενα ο σκοπός της διατριβής, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, τα αποτελέσματα της έρευνας αλλά και τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από αυτά.

Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση των συμπερασμάτων και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στο χώρο της στυλομετρίας.

Κεφάλαιο 2

Στυλομετρία

2.1 Στυλομετρία

Η στυλομετρία αποτελεί την ανάλυση του τρόπου γραφής ενός κειμένου, ή γενικότερα του τρόπου παραγωγής κάποιου έργου όπως ένα μουσικό κομμάτι ή ένας πίνακας ζωγραφικής, με σκοπό την εξαγωγή πληροφοριών, όπως η ταυτότητα του δημιουργού, το είδος του, κ.α.. Ένας πιο ειδικός ορισμός οριοθετεί τη στυλομετρία ως τη στατιστική ανάλυση των παραλλαγών του λογοτεχνικού στυλ μεταξύ ενός συγγραφέα, ή ενός είδους, και κάποιου άλλου [16]. Σαν τεχνική, η στυλομετρία χρησιμοποιείται για αιώνες, ενώ υπάρχουν καταγεγραμμένες χρήσεις της από την αναγέννηση. Οι κύριες αρχές της περιγράφονται στο βιβλίο «Principes de stylométrie» που έγραψε ο φιλόσοφος Wincenty Lutosławski το 1890. Ο όρος στυλομετρία, διεθνώς “Stylometry”, αποδίδεται στον ίδιο.

Στη σύγχρονη εποχή, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και των μεθόδων στατιστικής ανάλυσης και μηχανικής εκμάθησης, η στυλομετρία έχει αποκτήσει πιο μεγάλη δυναμική από ποτέ. Πλέον έχουν αναπτυχθεί στυλομετρικές μέθοδοι ταυτοποίησης οι οποίες είναι τόσο ακριβείς ώστε το στυλ γραφής θεωρείται βιομετρικό χαρακτηριστικό, όπως η ίριδα του ματιού ή το δακτυλικό αποτύπωμα. Η συχνότητα χρήσης των λειτουργικών λέξεων («function words»), το μέσο μήκος των προτάσεων και άλλες πληροφορίες του τρόπου γραφής αποτελούν ενδείξεις για το

ταυτοποίησιμο «στυλ» του εκάστοτε συγγραφέα. Για το λόγο αυτό το FBI αλλά και το DARPA θεωρούν τον τρόπο γραφής ως βιομετρικό χαρακτηριστικό («cognitive fingerprint»), όπως για παράδειγμα και τον τρόπο κίνησης του ποντικιού κατά τη χρήση του Η/Υ [04].

2.2 Χρήσεις της Στυλομετρίας

Οι χρήσεις της στυλομετρίας είναι πάρα πολλές και καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα γνωστικών χώρων και εφαρμογών. Ένας τομέας στον οποίο η στυλομετρία χρησιμοποιήθηκε από πολύ νωρίς είναι ο τομέας της δικανικής όπου με τη βοήθεια στυλομετρικών μεθόδων μπορούν να από-ανωνυμοποιηθούν γραπτές επικοινωνίες, να αποδειχθεί η γνησιότητα ενός κειμένου, αλλά και να βρεθεί ο πραγματικός συγγραφέας του. Φυσικά η στυλομετρία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη διερεύνηση/απόδειξη περιπτώσεων λογοκλοπής [04][15].

Ένας άλλος χώρος όπου η στυλομετρία αποδεικνύεται ένα ιδιαίτερα πολύτιμο εργαλείο είναι φυσικά αυτός της γλωσσολογίας. Αναφορικά με το γνωστικό αντικείμενο της γλωσσολογίας, η στυλομετρία μπορεί να βρει πολλαπλές εφαρμογές όπως η γλωσσολογική ανάλυση των κειμένων και η ανάλυση της επιλογής λεξιλογίου ανά συγγραφέα, περίοδο, είδος, κ.ο.κ. Επίσης έχουν γίνει έρευνες σχετικά με την εξέλιξη του στυλ συγγραφής ανάλογα με τη συγγραφική περίοδο που διανύει ο συγγραφέας, βασισμένες στη στυλομετρική ανάλυση των έργων του [06][12].

Οι χρήσεις της στυλομετρίας όμως δε σταματάνε εδώ. Υπάρχουν αρκετές έρευνες που αποδεικνύουν τη χρησιμότητα της στυλομετρίας στην εξαγωγή προφίλ με βάση το στυλ του συγγραφέα. Προφίλ που έχει να κάνει με το φύλο, την ηλικία του, το μορφωτικό του επίπεδο, την χώρα καταγωγής του, τα χαρακτηριστικά της προσωπικότητάς του, υπάρχουσες διανοητικές δυσλειτουργίες, κ.α.. Τα προφίλ αυτά έχουν αμέτρητες προεκτάσεις και χρήσεις σε πάρα πολλούς γνωστικούς χώρους εκτός των προαναφερθέντων, όπως η ψυχολογία, η κοινωνιολογία, η ιατρική, ο χώρος του marketing κ.α. [07][09][12].

Επιπροσθέτως, οι παραπάνω εφαρμογές θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και από τις υπηρεσίες επιβολής του νόμου ή και σε ευρύτερη κλίμακα από υπηρεσίες πληροφοριών με αυτοματοποιημένο, μαζικό τρόπο. Έχουν ήδη γίνει έρευνες σχετικές με χρήσεις τη στυλομετρίας για την ανίχνευση εξτρεμιστικού περιεχομένου με αυτοματοποιημένες μεθόδους [10]. Κατά τον

ίδιο τρόπο θα μπορούσε η στυλομετρία να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση συγκεκριμένων προτιμήσεων, απόψεων, ιδεολογιών, πρόθεση ψήφου, κ.ο.κ..

Άλλες χρήσεις της στυλομετρίας σχετίζονται με το διαδίκτυο και πιο συγκεκριμένα με τα κοινωνικά δίκτυα. Έχουν γίνει έρευνες σχετικά με την ανίχνευση ανώνυμων προφίλ, αλλά και με τη σύνδεση προφίλ του ίδιου ατόμου μεταξύ διαφορετικών κοινωνικών δικτύων [03][16]. Κι εκεί η χρήση της στυλομετρίας μπορεί να εφαρμοστεί για την αποτροπή κακόβουλης συμπεριφοράς, αλλά από την άλλη μπορεί να εφαρμοστεί σε ανώνυμα κοινωνικά δίκτυα για την αποκάλυψη της ταυτότητας των μελών τους, πράγμα που αποτελεί απειλή για την ιδιωτικότητα στο διαδίκτυο. Μια άλλη χρήση της στυλομετρίας αφορά την αναγνώριση fake news στο διαδίκτυο. Τέλος, ενδιαφέρουσες έρευνες έχουν γίνει για τη χρήση της στυλομετρίας ως μέθοδο αυθεντικοποίησης [13]. Πόσο μάλλον αν συνδυαστεί με άλλα βιομετρικά χαρακτηριστικά όπως ο τρόπος πληκτρολόγησης, η κίνηση του ποντικιού, κ.α..

Όπως είναι εμφανές, οι προεκτάσεις της χρήσης της στυλομετρίας είναι πραγματικά ασύλληπτες. Παρόλα αυτά, η παρούσα διατριβή εστιάζει στην πιο παραδοσιακή χρήση της στυλομετρίας που αφορά την ταυτοποίηση του συγγραφέα ενός κειμένου (authorship attribution) με βάση το στυλ του.

2.3 Στυλομετρία για Ταυτοποίηση Προσώπων

Εκτενής έρευνα έχει γίνει γύρω από τη δυνατότητα της στυλομετρίας να ταυτοποιήσει το συγγραφέα ενός κειμένου. Η ταυτοποίηση συνιστά την προσπάθεια επιλογής του σωστού συγγραφέα ενός αμφισβητούμενου κειμένου, δεδομένου ενός συνόλου κειμένων των οποίων οι συγγραφείς είναι ήδη γνωστοί. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε γνωστό κείμενο του κάθε συγγραφέα, μετριέται ο τρόπος γραφής με βάση το επιλεγμένο μοντέλο. Το σύνολο των μετρήσεων για τα κείμενα κάθε συγγραφέα, αφού κανονικοποιηθεί και βρεθεί η μέση τιμή του, αποτελεί τη μαθηματική αναπαράσταση του «στυλ» του συγκεκριμένου συγγραφέα. Ακολουθείται η ίδια διαδικασία για το υπό αμφισβήτηση κείμενο του οποίου ψάχνουμε να βρούμε το συγγραφέα. Τέλος, συγκρίνοντας τη μέτρηση του στυλ του άγνωστου κειμένου με τη μέτρηση του στυλ του κάθε γνωστού συγγραφέα, μπορούμε να καθορίσουμε το συγγραφέα του ως αυτόν του οποίου το στυλ θα αποκλίνει λιγότερο.

Μάλιστα, έχουν γίνει έρευνες σχετικές με συστήματα στυλομετρίας οι οποίες αναφέρουν πολύ μεγάλο ποσοστό επιτυχίας στην ταυτοποίηση του συγγραφέα, υπό συγκεκριμένες συνθήκες [17]. Πραγματικά η στυλομετρία έχει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα στην ταυτοποίηση προσώπων όταν δίνεται ως είσοδος πληθώρα γνωστών κειμένων τα οποία ακολουθούν μια συγκεκριμένη δομή, όπως για παράδειγμα τα λογοτεχνικά βιβλία. Ήδη έχουν χρησιμοποιηθεί στυλομετρικές μέθοδοι για την απάντηση σε ερωτήματα αιώνων, όπως η πραγματική ταυτότητα του συγγραφέα έργων που αποδίδονται στον Σαίξπηρ, η ταυτότητα των συγγραφέων του καθενός από τα Federalist Papers, κ.α. [11][17].

Σε αντίθεση με το τι θα περίμενε κανείς, η πιο σημαντική μετρική για τον προσδιορισμό του τρόπου γραφής του εκάστοτε συγγραφέα είναι η παραλλαγή στη συχνότητα εμφάνισης των λειτουργικών λέξεων («function words»), όπως σύνδεσμοι, άρθρα, κλπ. [05][09][11][17]. Ο υποσυνείδητος τρόπος με τον οποίο έχει μάθει ο κάθε συγγραφέας να εκφράζεται μπορεί να μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια στη συχνότητα εμφάνισης των λειτουργικών λέξεων, αν υπάρχει διαθέσιμος επαρκής όγκος δεδομένων. Επιπροσθέτως, έχουν προταθεί και άλλες μετρικές, όπως το μήκος των λέξεων, το μήκος των προτάσεων, το μήκος των παραγράφων, κ.α., ή και συνδυασμός αυτών. Παρόλα αυτά η πιο διαδεδομένη στυλομετρική μέθοδος παραμένει η στατιστική ανάλυση της συχνότητας των λειτουργικών λέξεων μέσα σε ένα κείμενο. Αυτές οι λέξεις όσον αφορά τη διαδικασία της στυλομετρικής ανάλυσης ονομάζονται «χαρακτηριστικές» («features»). Η σύγκλιση των μεθόδων στη χρήση αυτών των features μαρτυρά όμως και τη δυσκολία των στυλομετρικών μεθόδων να ταυτοποιήσουν με μεγάλη επιτυχία το συγγραφέα μικρότερων κειμένων, όπως θα φανεί και αργότερα.

Στην παρούσα διατριβή λοιπόν θα χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο αυτή, της στατιστικής ανάλυσης και σύγκρισης των παραλλαγών στη χρήση των λειτουργικών λέξεων ανάμεσα σε ένα πλήθος συγγραφέων, για να ταυτοποιήσουμε τον συγγραφέα του υπό αμφισβήτηση κειμένου. Τα γνωστά κείμενα που δίδονται ως είσοδος του συστήματος έχουν χωριστεί σε κατηγορίες με διαφορετική δομή και μέγεθος έτσι ώστε να αποτιμηθούν οι δυνατότητες της στυλομετρίας ανάλογα με τις ιδιότητες της κάθε κατηγορίας.

2.3.1 Στυλομετρικές μέθοδοι ταυτοποίησης

Ανεξάρτητα από τη μέθοδο μοντελοποίησης του τρόπου γραφής του κάθε συγγραφέα, όπως αυτή της μέτρησης της συχνότητας εμφάνισης των λειτουργικών λέξεων, υπάρχουν σαφώς και διαφορετικές μέθοδοι σύγκρισης του τρόπου γραφής μεταξύ των διαφορετικών συγγραφέων.

Οι μέθοδοι αυτοί χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες, αυτές της στατιστικής ανάλυσης και αυτές της μηχανικής μάθησης.

Η πιο ευρέως διαδεδομένη μέθοδος, η οποία έχει αποδεδειγμένα πολύ καλά αποτελέσματα με σχετικά μικρό όγκο δεδομένων εισόδου, ανήκει στην κατηγορία της στατιστικής ανάλυσης και είναι η μέθοδος John Burrows' Delta. Το στυλομετρικό σύστημα που αναπτύχθηκε για την εκπόνησης της διατριβής αυτής βασίστηκε πάνω σε αυτή τη μέθοδο σύγκρισης. Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος αυτή μετρά πώς το ανώνυμο κείμενο και τα σύνολα κειμένων που γράφτηκαν από έναν αριθμό γνωστών συγγραφέων αποκλίνουν από τον συνολικό μέσο όρο. Ένα σημαντικό σημείο είναι πως η μέθοδος Delta δίνει ίσο βάρος σε κάθε γνώρισμα/λέξη που μετρά, αποφεύγοντας έτσι το πρόβλημα των κοινών λέξεων να κατακλύζουν τα αποτελέσματα. Τα γνωρίσματα που χρησιμοποιεί είναι οι n πιο συχνές λέξεις, οι οποίες συμπίπτουν με τις λειτουργικές λέξεις που αναφέρθηκαν νωρίτερα. Έτσι δημιουργείται από το σύνολο των κειμένων κάθε συγγραφέα ένα διάνυσμα n διαστάσεων, κάθε διάσταση του οποίου αποτελεί την κανονικοποιημένη συχνότητα εμφάνισης «z-score» της λέξης αυτής. Η διαφορά των διανυσμάτων δοσμένη από την απόλυτη τιμή της διαφοράς των διαστάσεων τους, αποτελεί και την απόκλιση του στυλ του κάθε συγγραφέα από το αμφισβητούμενο κείμενο.

Στην κατηγορία των μεθόδων μηχανικής μάθησης, η πιο πολλά υποσχόμενη μέθοδος είναι η Support Vector Machine (SVM). Στην ουσία αποτελεί μια μέθοδο εποπτευόμενης μάθησης η οποία παράγει εξίσου καλά αποτελέσματα με την Burrows' Delta αλλά απαιτεί μεγαλύτερο όγκο δεδομένων εισόδου για την εκπαίδευση του μοντέλου. Στη μέθοδο αυτή το μοντέλο εκπαιδεύεται με ταξινομημένα δεδομένα (labeled data) έτσι ώστε να μπορέσει να δημιουργήσει μια συνάρτηση ταξινόμησης. Πιο αναλυτικά, στην πρώτη φάση δίνονται ως είσοδοι στο μοντέλο τα διανύσματα με τα z-scores των n πιο συχνών λέξεων για τα κείμενα του κάθε συγγραφέα. Με βάση αυτά το SVM προσπαθεί να βρει μια συνάρτηση η οποία θα τα διαχωρίσει σωστά ανάλογα με τον συγγραφέα που αναγράφει στην ετικέτα (label) του κάθε κειμένου. Αυτό το επιτυγχάνει χρησιμοποιώντας ένα hyperplane $n-1$ διαστάσεων. Από τις πολλές συναρτήσεις που μπορεί να ταξινομήσουν σωστά τα κείμενα, το SVM επιλέγει αυτή που δημιουργεί τη μεγαλύτερη απόσταση ανά ομάδα στην ταξινόμηση που κάνει. Στη δεύτερη φάση λοιπόν χρησιμοποιεί τη συνάρτηση στην οποία κατέληξε, στον πολυδιάστατο χώρο, για να ταξινομήσει το αμφισβητούμενο κείμενο.

Άλλες μέθοδοι ταυτοποίησης βασισμένοι στη μηχανική μάθηση που έχουν ερευνηθεί είναι οι Latent Dirichlet allocation, Multi layered Perceptrons, κ.α. [2][4][13].

2.4 Περιορισμοί της Στυλομετρίας

Παρόλη την ακρίβεια των στυλομετρικών συστημάτων στην ταυτοποίηση προσώπων υπό ιδανικές συνθήκες, η στυλομετρία από τη φύση της παρουσιάζει κάποιους περιορισμούς και αδυναμίες οι οποίες χρήζουν μελέτης.

Οποιαδήποτε στυλομετρική μέθοδος ταξινόμησης και να χρησιμοποιηθεί, ένας επαρκής όγκος δεδομένων είναι απαραίτητος έτσι ώστε να μπορέσει το σύστημα να παράγει σωστά αποτελέσματα. Αυτό σημαίνει πως τα κείμενα των γνωστών συγγραφέων που θα εισαχθούν στο σύστημα θα πρέπει να έχουν μεγάλο μέγεθος, της τάξεως των εκατοντάδων ή χιλιάδων λέξεων, αλλά επίσης να είναι και αρκετά στον αριθμό έτσι ώστε ο μέσος όρος των συχνοτήτων εμφάνισης των πιο συχνών λέξεων που θα αποτελέσει το χαρακτηριστικό διάνυσμα για το στυλ του συγκεκριμένου συγγραφέα να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικό. Αντίστοιχα, είναι εξίσου σημαντικό και το υπό αμφισβήτηση κείμενο να είναι επαρκούς μεγέθους έτσι ώστε να είναι εφικτή η εξαγωγή ενός χαρακτηριστικού τρόπου γραφής από αυτό. Το πώς επηρεάζεται η αποτελεσματικότητα της στυλομετρίας από τις παραπάνω παραμέτρους είναι ένα ερώτημα στο οποίο πρόκειται να ρίξει φως η παρούσα διατριβή, όπως επίσης και στα οριακά μεγέθη από τα οποία και μετά η στυλομετρική ταυτοποίηση καθίσταται ανεπιτυχής.

Εκτός όμως από τον όγκο των δεδομένων, εξέχουσα σημασία έχει και η δομή των υπό ανάλυση κειμένων. Υπάρχουσες έρευνες έχουν δείξει πως τα κείμενα στα οποία η στυλομετρική ανάλυση καθίσταται ανεπιτυχής, είναι αυτά τα οποία δεν έχουν κάποια αυστηρή δομή ή στυλ, ή έχουν γραμματικές και συντακτικές ελλείψεις, όπως για παράδειγμα τα μηνύματα στα social media, τα emails, κ.ο.κ. [02][15]. Στην παρούσα διατριβή τα κείμενα εισόδου έχουν χωριστεί σε κατηγορίες έτσι ώστε να μπορέσει να μελετηθεί η αποτελεσματικότητα της στυλομετρίας σε διαφορετικούς τύπους περιεχομένου.

Ένας άλλος περιορισμός της στυλομετρίας έχει να κάνει με τη δυσκολία επιτυχούς ταυτοποίησης του συγγραφέα σε πολύ μεγάλα σύνολα γνωστών συγγραφέων. Όσο περισσότεροι συγγραφείς συμπεριλαμβάνονται στο corpus των γνωστών κειμένων εισόδου, τόσο περισσότερο τα στυλ γραφής τους επικαλύπτονται και η σωστή ταυτοποίηση καθίσταται δυσκολότερη [02][08][09]. Τα πειράματα που περιλαμβάνονται σε αυτή τη διατριβή λαμβάνουν υπόψη τους μεταβλητό

πλήθος συγγραφέων έτσι ώστε να ερευνηθεί η επίδραση του αριθμού τους στην αποτελεσματικότητα της ταυτοποίησης.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της αποτελεσματικότητας της στυλομετρίας σε ρεαλιστικά δεδομένα και η αποτίμηση της σπουδαιότητας των παραπάνω περιορισμών, έτσι ώστε να εξακριβωθούν οι δυνατότητες χρήσης της στυλομετρίας στο διαδίκτυο ως μέσο ταυτοποίησης αλλά και το μέγεθος απειλής που θέτει στην ιδιωτικότητα των χρηστών του διαδικτύου.

Κεφάλαιο 3

Προσωπικά Δεδομένα και Θέματα Ιδιωτικότητας

Σύμφωνα με ένα άρθρο που δημοσιεύθηκε το 2017 στο περιοδικό The Economist, "Ο πολυτιμότερος πόρος στον κόσμο δεν είναι πλέον το πετρέλαιο, αλλά τα δεδομένα". Ζούμε αναμφισβήτητα στην εποχή της πληροφορίας, ή πιο απλά στην εποχή των δεδομένων. Αυτό μπορούμε να το καταλάβουμε εύκολα όχι μόνο από τα δισεκατομμύρια εσόδων των τεχνολογικών κολοσσών όπως το Facebook, αλλά κι από τον τρόπο της καθημερινότητας μας όπου πλέον αναλώνουμε μεγάλο χρόνο της ενέργειας μας στο να παράγουμε και να καταναλώνουμε συνεχώς δεδομένα.

Ο μέσος άνθρωπος έχει μερική ή και πλήρη άγνοια για τη διαδρομή που ακολουθούν τα δεδομένα αυτά, για το χρόνο και τον τρόπο αποθήκευσής τους, για την επεξεργασία στην οποία

υπόκεινται και την τελική χρήση τους. Ωθείται ολοένα και περισσότερο στην αλόγιστη παραγωγή και χρήση κάθε είδους δεδομένων, από εσκεμμένα εθιστικά κατασκευασμένες εφαρμογές των οποίων το «αθώο περιτύλιγμα» αποκρύπτει την πραγματική τους λειτουργία. Είναι σημαντικό για κάθε χρήστη να καταλάβει το τι ακριβώς συμβαίνει με τα δεδομένα τα οποία παραχωρεί, σε ποιον τα παραχωρεί και με τι τρόπο θα χρησιμοποιηθούν.

Οι κολοσσιαίες εταιρείες πληροφορικής, τα λογισμικά των οποίων είναι πλέον συνώνυμα με το δεξί χέρι του μέσου ανθρώπου, πίσω από το πέπλο μιας πολλές φορές δυσνόητα γραμμένης πολιτικής απορρήτου η οποία απαρτίζεται από δεκάδες σελίδες πολύπλοκων νομικών ορισμών, αποφεύγουν να ενημερώσουν τους χρήστες για το τι πραγματικά συμβαίνει πίσω από κάθε «κλικ» που κάνουν, κάθε μήνυμα που ανεβάζουν και κάθε συνειδητή ή ασυνείδητη επιλογή τους. Στην ουσία όμως όλες οι ενέργειες που κάνει ο χρήστης στην εκάστοτε εφαρμογή, αλλά και επιπλέον πληροφορίες όπως η τοποθεσία του, τα δίκτυα που συνδέεται η συσκευή του και άλλες ακόμα, κωδικοποιούνται σε έναν δομημένο τρόπο που ονομάζεται μεταδεδομένα και είτε μαζί με τα αυτούσια δεδομένα είτε από μόνα τους αποστέλλονται στα data centers των εταιρειών για μόνιμη αποθήκευση, δημιουργώντας έτσι ένα μόνιμο αρχείο δραστηριότητας για τον καθένα. Τα δεδομένα αυτά εισάγονται ως είσοδο σε αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης οι οποίοι μπορούν να λάβουν αυτοματοποιημένες αποφάσεις για το περιεχόμενο που θα προβάλλουν σε κάθε χρήστη, μπορούν να δημιουργήσουν ένα προφίλ με τα χαρακτηριστικά του καθενός, κ.ο.κ..

Ακόμα χειρότερα, τα δεδομένα αυτά δεν παραμένουν μόνο στην ιδιοκτησία της εταιρείας που τα σύλλεξε, αλλά πωλούνται στον υψηλότερο πλειοδότη, είτε αυτός είναι κρατική οντότητα είτε ιδιωτική επιχείρηση, για λόγους που κυμαίνονται από την προβολή διαφημίσεων ως τον έλεγχο των επαφών μεταξύ των ανθρώπων για το έλεγχο μια πανδημίας, ή για οτιδήποτε άλλο θελήσει ο αγοραστής τους. Πληθώρα υποθέσεων έχουν έλθει στο φως της δημοσιότητας για κατάχρηση των δεδομένων των πολιτών, ακόμα και για επηρεασμό του αποτελέσματος εκλογών και δημοψηφισμάτων, όπως για παράδειγμα η γνωστή υπόθεση στην οποία εμπλεκόταν το Facebook και η Cambridge Analytica [18].

Σε κάθε περίπτωση, υπάρχει ένα κενό ανάμεσα στη χρήση των δεδομένων που συλλέγονται και στην ενημέρωση των ανθρώπων που τα παράγουν για τη συλλογή και τους τρόπους αποθήκευσης και επεξεργασίας τους. Στις διάφορες αντιπαραθέσεις που έχουν γίνει σχετικά με το θέμα αυτό, οι εταιρείες και τα κράτη που συλλέγουν τα δεδομένα προσπαθούν να δικαιολογήσουν την αυθαίρετη και συνήθως παράνομη πρακτική τους καθισχάζοντας τον κόσμο πως τις περισσότερες φορές δεν συλλέγονται προσωπικά δεδομένα που παράγουν οι

χρήστες αλλά τα μετα-δεδομένα που τα αφορούν. Πολλές φορές αυτό δεν είναι απλά ορθό καθώς οι κολοσσοί της πληροφορικής κατέχουν έτσι κι αλλιώς σχεδόν το σύνολο των email, των άμεσων μηνυμάτων και μεγάλο μέρος των φωτογραφιών που βγάζουν οι χρήστες (βλ. Gmail, Hotmail, Facebook, WhatsApp, Instagram, iCloud, Google Cloud, κ.ο.κ.). Άλλες φορές είναι τουλάχιστον αμφισβητήσιμοι οι ισχυρισμοί, όπως στην περίπτωση των υπηρεσιών πληροφοριών της Αμερικής οι οποίες ακόμα και μετά την αποκάλυψη συγκεκριμένων προγραμμάτων συλλογής πληροφοριών των χρηστών από τον Edward Snowden το 2013, αρνήθηκαν την συλλογή των εν λόγω πληροφοριών. Αλλά ακόμα και στην περίπτωση συλλογής των μετα-δεδομένων, τα οποία όπως αναφέραμε είναι δομημένα δεδομένα που περιγράφουν το περιεχόμενο των κινήσεων και των δεδομένων που ανεβάζει ο χρήστης, τα μετα-δεδομένα αυτά είναι αρκετά αποκαλυπτικά από μόνα τους ώστε να οδηγούν σε πάρα πολύ συγκεκριμένα συμπεράσματα για τη ζωή, της κινήσεις, τις ιδέες και τα θέλω του κάθε ανθρώπου. Για την ακρίβεια ο πρώην διευθυντής της NSA και CIA Michael Hayden ανέφερε σε εμφάνιση του στο πανεπιστήμιο Johns Hopkins “We Kill People Based on Metadata.” και “metadata absolutely tells you everything about somebody’s life. If you have enough metadata, you don’t really need content.”.

3.1 Προσωπικά Δεδομένα

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να γίνει ένας σημαντικός διαχωρισμός μεταξύ των δεδομένων γενικά και των προσωπικών δεδομένων. Προσωπικά δεδομένα είναι κάθε πληροφορία που αναφέρεται σε ταυτοποιημένο ή ταυτοποιήσιμο άτομο, όπως το όνομα και το επάγγελμά του, η οικογενειακή του κατάσταση, η ηλικία του, ο τόπος κατοικίας, η φυλετική του προέλευση, τα πολιτικά του φρονήματα, η θρησκεία που πιστεύει, οι φιλοσοφικές του απόψεις, η συνδικαλιστική του δράση, η υγεία του, η ερωτική του ζωή και οι τυχόν ποινικές του διώξεις και καταδίκες. Δεν θεωρούνται προσωπικά δεδομένα πληροφορίες από τις οποίες δεν δύναται να ταυτοποιηθεί ένα συγκεκριμένο άτομο. Ο παραπάνω ορισμός είναι αρκετά σαφής, και από αυτό προκύπτει ότι προσωπικά δεδομένα θεωρούνται και τα δεδομένα τα οποία σε συνδυασμό με άλλα δεδομένα θα μπορούσαν να προσδιορίσουν ή να αναφερθούν σε ένα συγκεκριμένο άτομο . (π.χ. η διεύθυνση διαδικτύου (IP address) της συσκευής ενός χρήστη).

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχουν γίνει προσπάθειες, κυρίως μέσω του Γενικού Κανονισμού για την Προστασία Δεδομένων GDPR, να περιοριστεί η πλήρης αυθαιρεσία στη συλλογή και την επεξεργασία, αυτοματοποιημένη ή μη, των προσωπικών δεδομένων, τουλάχιστον για οντότητες

με έδρα την Ευρωπαϊκή Ένωση ή δεδομένα που αφορούν πολίτες της. Παρόλα αυτά, ο Κανονισμός αυτός φαίνεται ότι δεν εφαρμόζεται ορθά ή στην πληρότητα του από μεγάλο μέρος των κρατικών ή ιδιωτικών οντοτήτων εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επίσης, στον υπόλοιπο κόσμο η κατάσταση είναι ακόμα πιο ανεξέλεγκτη – παρά το γεγονός ότι ο GDPR εφαρμόζεται υπό προϋποθέσεις και σε οργανισμούς εκτός Ε.Ε. εφόσον επεξεργάζονται δεδομένα πολιτών που διαμένουν στην Ε.Ε παρέχοντάς τους υπηρεσίες - με αποτέλεσμα ο χρήστης να είναι παντελώς απροστάτευτος, σε περιπτώσεις όπου η προστασία προσωπικών δεδομένων δεν αποτελεί θεμελιώδες ατομικό δικαίωμα - απέναντι στην καταπάτηση της ιδιωτικότητας.

3.2 Η Έννοια της Ιδιωτικότητας

Όπως αναφέρθηκε πριν, τα δεδομένα που είτε μόνα τους είτε σε συνδυασμό με άλλα δεδομένα αφορούν φυσικά πρόσωπα, αποτελούν προσωπικά δεδομένα και υπόκεινται σε κάποιους κανόνες, για την προστασία των πολιτών. Γιατί όμως είναι σημαντικό να μη γνωρίζει κάποιος τρίτος προσωπικές πληροφορίες για κάποιο πρόσωπο χωρίς την άδεια του ιδίου; Η απάντηση είναι σαφώς αυτονόητη και είναι συνυφασμένη με την έννοια της ιδιωτικότητας.

Σύμφωνα με τη Wikipedia, η Ιδιωτικότητα είναι το δικαίωμα ενός ατόμου ή μιας ομάδας, να αποφασίζουν από μόνοι τους για το πότε, πώς και μέχρι ποιο σημείο οι πληροφορίες που αφορούν αυτούς θα διαβιβάζονται σε άλλους. Είναι τα δικαιώματα της προστασίας της προσωπικότητας και του ιδιωτικού βίου, που ορίζεται ως το δικαίωμα του ατόμου «να μην ενοχλείται από άλλους και να αφήνεται μόνο στην ηρεμία του». Η ιδιωτικότητα έχει αναγνωριστεί ως θεμελιώδες ανθρώπινο δικαίωμα και σε μία δημοκρατική κοινωνία πρέπει να προστατεύεται.

Είναι λοιπόν θεμελιώδες δικαίωμα και έκφραση της ατομικής και συλλογικής ελευθερίας το να μπορεί κάποιος να ελέγχει τις πληροφορίες που τον αφορούν. Υπό αυτό το πρίσμα, είναι πασιφανές πως το ψηφιακό οικοσύστημα στο οποίο ζούμε έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να καταπατά την ιδιωτικότητα του χρήστη, με άλλα λόγια να καταπατά τα δικαιώματα και τις ελευθερίες των πολιτών.

Οι λόγοι για τους οποίους γίνεται αυτό είναι κυρίως λόγοι οικονομικής ισχύος και γενικότερης υπεροχής. Πολλές εταιρείες που προσφέρουν δωρεάν τις πλατφόρμες τους στο ευρύ κοινό, γνωρίζουν ότι θα κερδίσουν (και κερδίζουν) πολύ περισσότερα χρήματα «πίσω από τις πλάτες

των χρηστών», μεταφράζοντας με μεγάλη ελευθερία την έννοια της νομιμότητας, με το να συλλέγουν, να επεξεργάζονται και να πωλούν τα προσωπικά δεδομένα των χρηστών τους. Η τεράστια ισχύς που συγκεντρώνουν οι εταιρείες αυτές από τα δεδομένα των πολιτών έχει γίνει τόσο μεγάλο πρόβλημα που τα κράτη έχουν αρχίσει να κινητοποιούνται, με πρώτες τις ΗΠΑ, και να επιβάλουν πρόστιμα σε αυτούς τους κολοσσούς στα πλαίσια αντιμονοπωλιακών πρακτικών. Παρόλα αυτά, τα ίδια τα κράτη σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να καταπατούν ακόμα περισσότερο την ιδιωτικότητα των πολιτών τους, καθώς συλλέγουν, με θεμιτούς αλλά και με αθέμιτους τρόπους όλα τα δεδομένα των πολιτών, συνεργαζόμενοι με τις προαναφερθείσες εταιρείες, με τηλεπικοινωνιακούς παρόχους, εταιρείες υποδομών και τηλεπικοινωνιών, κ.α. Παράλληλα, μέσω των υπηρεσιών πληροφοριών κάνουν και τη δική τους συλλογή και επεξεργασία δεδομένων, η οποία ωστόσο, παρά την αναγκαιότητά της λόγω ανάγκης προστασίας της εθνικής ασφάλειας, πρέπει να γίνεται με σεβασμό στο θεμελιώδες δικαίωμα της προστασίας προσωπικών δεδομένων και όχι να γίνεται κατάχρηση μίας τέτοιας επεξεργασίας.

Από την άλλη πλευρά, ένας λόγος της κατάφωρης καταπάτησης των δικαιωμάτων των πολιτών είναι οι ίδιοι οι πολίτες οι οποίοι δεν ενημερώνονται για τα θέματα αυτά και τις περισσότερες φορές δεν τους ενδιαφέρουν καθόλου – δηλαδή δεν δείχνουν τη δέουσα επαγρύπνηση/ανησυχία για τους κινδύνους που υπάρχουν.

3.3 Η Σημασία της Ιδιωτικότητας

Γιατί όμως είναι σημαντική η έννοια της ιδιωτικότητας και γιατί η καταπάτηση της θα πρέπει να είναι ένα από τα πιο καίρια ζητήματα προς επίλυση στη σύγχρονη κοινωνία;

Η ιδιωτικότητα είναι ελευθερία του ανθρώπου και όπως κάθε ελευθερία δεν πρέπει να παραχωρείται σε τρίτους. Ακόμα πιο συγκεκριμένα για την περίπτωση της ιδιωτικότητας, είναι γνωστό πως η γνώση είναι δύναμη. Η γνώση πληροφοριών για ένα άτομο λοιπόν ισοδυναμεί με δύναμη αυτού που κατέχει την πληροφορία πάνω σε αυτό το άτομο. Αν συνυπολογιστεί και το γεγονός ότι η μαζική συλλογή πληροφοριών γίνεται από μια οντότητα προς όλη την ανθρωπότητα, και επίσης ότι η επεξεργασία όλου αυτού του «ωκεανού» των δεδομένων γίνεται από πανίσχυρους αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης, τότε καταντά τρομακτική η απόλυτη δύναμη που συγκεντρώνεται απέναντι στο σύνολο της ανθρωπότητας.

Για να γίνει περισσότερο κατανοητό όμως το ζήτημα μπορεί να γίνει χρήση του νόμου της αναλογίας μέσα από ένα παράδειγμα. Όταν ένα χρήστης περνά αρκετές ώρες της ημέρας τους στο εικονικό περιβάλλον ενός κοινωνικού δικτύου το οποίο συνδέει δισεκατομμύρια ανθρώπους, το κοινωνικό δίκτυο αυτό έχει τα δεδομένα και τους αλγόριθμους, ότι χρειάζεται δηλαδή για να χρησιμοποιήσει τις κινήσεις, τις επιλογές του χρήστη και το περιεχόμενο που ανεβάζει και καταναλώνει, έτσι ώστε να σχηματίσει ένα πάρα πολύ ακριβές προφίλ για το χαρακτήρα του, τη συμπεριφορά του, τις συνθήκες της ζωής του, τους ανθρώπους που συναναστρέφεται, τις επιθυμίες του, την πρόθεση ψήφου, ακόμα και κρυφές του επιθυμίες, πράγματα που πολλές φορές είναι ασυνείδητα ακόμα και για τον ίδιο. Έχοντας έναν τέτοιο χάρτη αυτού του ανθρώπου, κάποιος θα μπορούσε να το χρησιμοποιήσει, π.χ. για να του προβάλλει τις κατάλληλες διαφημίσεις για να τον επηρεάσει να προβεί σε κάποια αγορά. Σε μια ακόμη πιο επικίνδυνη εφαρμογή, κάποιος θα μπορούσε να του προτείνει ή να του αποκρύψει το κατάλληλο περιεχόμενο στο ίντερνετ για τον επηρεάσει προς μία συγκεκριμένη κίνηση ή ιδεολογία, βλ. δημοψήφισμα Brexit [18], κ.α. Σε μία ακόμη πιο επικίνδυνη εφαρμογή της δύναμης που έχει το κοινωνικό δίκτυο του παραδείγματος, θα μπορούσε συνεχώς να προβάλλει το κατάλληλο περιεχόμενο στο χρήστη αυτόν έτσι ώστε να «εμφυτεύσει» μέσα του μια ιδέα, μια ιδεολογία, τον κομφορμισμό σε κάποιο τρόπο ζωής ή την υποταγή στα μέτρα που επιβάλλει μια κυβέρνηση. Αν αυτό ακούγεται τρομακτικό για έναν χρήστη, είναι αναμφισβήτητα απείρως πιο τρομακτικό στην κλίμακα της παγκοσμιοποιημένης κατανάλωσης που έχουν επιτύχει οι μεγάλοι κολοσσοί της πληροφορικής, και ακόμα περισσότερο κάποιες κυβερνήσεις όπως αυτή των ΗΠΑ στην οποία ανήκει ουσιαστικά η παγκόσμια υποδομή του διαδικτύου, τουλάχιστον σε πολύ μεγάλο μέρος του πλανήτη.

Ποτέ άλλοτε στην ιστορία της ανθρωπότητας δεν υπήρξε τόσο μεγάλη συγκέντρωση δύναμης σε ένα σημείο, που να αφορά τόσο μεγάλο κομμάτι της ανθρωπότητας. Η ιδιωτικότητα αφορά τους πάντες, όχι μόνο αυτούς που έχουν κάτι να κρύψουν. Το να λέει κάποιος πως δεν τον ενδιαφέρει η προστασία της ιδιωτικότητας επειδή δεν έχει κάτι να κρύψει, είναι σαν να λέει πως δεν τον ενδιαφέρει η προστασία της ελευθερίας του λόγου επειδή δεν έχει κάτι να πει. Η ιδιωτικότητα δεν προστατεύει μόνο τους δημοσιογράφους, τους whistleblowers και τους πολιτικούς αντιφρονούντες σε απολυταρχικά καθεστώτα. Το άτομο εξελίσσεται ατομικά αλλά και η κοινωνία συλλογικά μέσα από αναγνώριση ατομικών ελευθεριών οι οποίες προστατεύουν το άτομο από αθέμιτες προσβάσεις στην ιδιωτική του σφαίρα. Η προσβολή της ιδιωτικότητας σε μια κοινωνία γεννά πολύ σοβαρά ζητήματα: κοινωνικά, πολιτικά, ηθικά και ανθρωπιστικά. Δίχως

ιδιωτικότητα, δεν υπάρχει ελευθερία, η οποία αποτελεί βασικό συστατικό στοιχείο ενός δημοκρατικού πολιτεύματος.

3.5 Βήματα για το μέλλον

Είναι ευθύνη του καθενός πολίτη λοιπόν, των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων και των κρατών μέσω της νομοθεσίας τους και της εφαρμογής της, να δραστηριοποιηθούν έτσι ώστε να υπάρξει μια οριοθέτηση της ισχύος αυτής, μια προστασία της ιδιωτικότητας των πολιτών μέσω της σωστής ενημέρωσης, της εφαρμογής της νομοθεσίας και των μηχανισμών ελέγχου και διαφάνειας. Πρέπει να γνωρίζει ο καθένας κάθε επεξεργασία των δεδομένων του που λαμβάνει χώρα, η οποία με τη σειρά της πρέπει να σέβεται τη νομιμότητα – δηλαδή να γίνεται για νόμιμο και σαφή σκοπό, με πλήρη διαφάνεια και εχέγγυα για την προστασία προσωπικών δεδομένων. Τα οικοσυστήματα και οι εφαρμογές θα πρέπει να σχεδιάζονται συλλέγοντας και χρησιμοποιώντας τα απολύτως απαραίτητα προσωπικά δεδομένα σε σχέση με τον επιδιωκόμενο σκοπό (ο οποίος πρέπει να είναι νόμιμος και διαφανής) και όχι όσο το δυνατόν περισσότερο. Στο πλαίσιο αυτό της κατανόησης των τρόπων συλλογής και επεξεργασίας προσωπικών δεδομένων, και της ευαισθητοποίησης σχετικά αναδυόμενες απειλές στην ιδιωτικότητα στο χώρο του διαδικτύου, η παρούσα διατριβή καλείται να ερευνήσει τις δυνατότητες της στυλομετρίας στην εξαγωγή προσωπικών πληροφοριών, και πιο συγκεκριμένα της ταυτότητας του χρήστη, μέσα από το περιεχόμενο που παράγει στο διαδίκτυο όπως τα emails, τα social media posts και τα blog posts.

Κεφάλαιο 4

Εφαρμογή της Στυλομετρίας – Το Σύστημα “ShadowCloak”

4.1 Σκοπός

Ο σκοπός της διατριβής αυτής είναι να διερευνήσει τις δυνατότητες της στυλομετρίας στην ταυτοποίηση προσώπων (authorship attribution) και να εξετάσει το μέγεθος της απειλής που μπορεί να αποτελέσει η χρήση της στυλομετρίας στην ιδιωτικότητα των χρηστών στο διαδίκτυο. Για να επιτευχθεί αυτό, δημιουργήθηκε μια δικτυακή εφαρμογή επωνομαζόμενη “ShadowCloak”, η οποία χρησιμοποιεί την πλέον αναγνωρισμένη στυλομετρική μέθοδο ταυτοποίησης προσώπων, με σκοπό την πραγματοποίηση πειραμάτων που θα δώσουν απάντηση στα παραπάνω ερωτήματα. Παράλληλα, η εφαρμογή αυτή παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να επιχειρήσει να παραπλανήσει το σύστημα ταυτοποίησης έτσι ώστε να ανωνυμοποιήσει το κείμενο του. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων που θα διεξαχθούν με το ShadowCloak, θα παρουσιαστούν και θα εξεταστούν κατάλληλα έτσι ώστε να εξαχθούν ρεαλιστικά συμπεράσματα σχετικά με την απειλή στην ιδιωτικότητα. Τέλος, η παρούσα διατριβή έχει ως στόχο να φέρει στο προσκήνιο τη στυλομετρία γενικότερα, όχι μόνο ως μέθοδο ταυτοποίησης

αλλά γενικότερα ως εργαλείο με πάρα πολύ μεγάλο εύρος χρήσεων και εφαρμογών. Στο τέλος λοιπόν της διατριβής θα γίνει αναφορά σε προτάσεις για μελλοντική έρευνα, όχι μόνο σχετικά με τον τομέα της ταυτοποίησης αλλά και σε γενικότερο πλαίσιο.

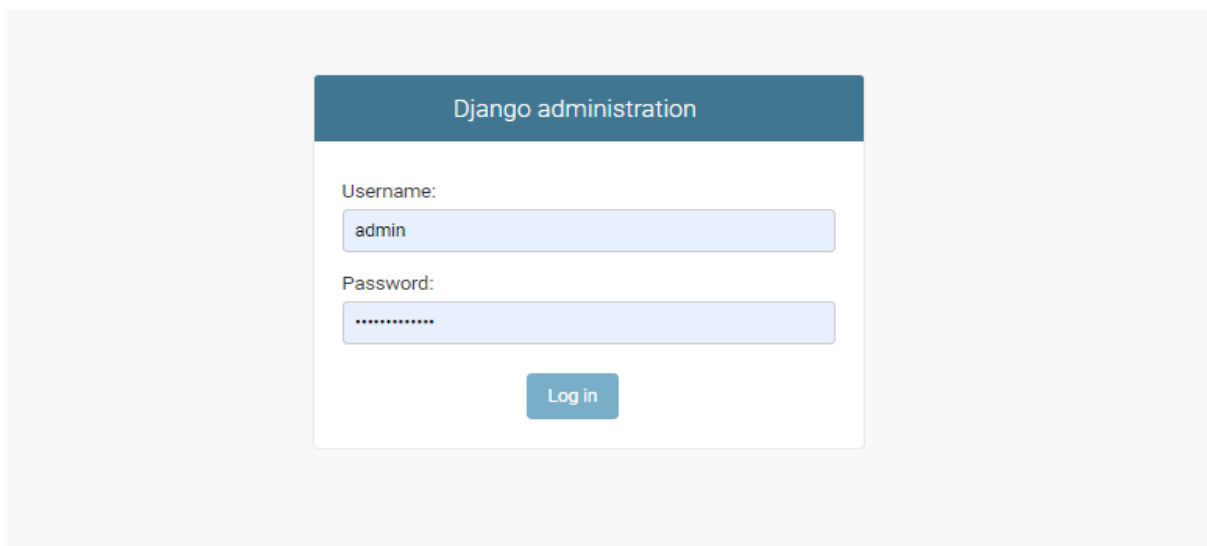
Παρακάτω θα αναλυθεί η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη δημιουργία του συστήματος ShadowCloak και θα εξηγηθούν οι τεχνικές λεπτομέρειες, η λογική και οι παραδοχές πάνω στις οποίες βασίστηκε αυτή η έρευνα.

4.2 ShadowCloak

Το σύστημα ShadowCloak είναι το σύστημα που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας διατριβής. Αποτελείται από δύο δικτυακές εφαρμογές, η πρώτη είναι ένα web API το οποίο αποθηκεύει σε μια βάση δεδομένων τα κείμενα που ανεβάζει ο χρήστης και εκτελεί τη στατιστική ανάλυση, ενώ η δεύτερη είναι ένα γραφικό περιβάλλον που εκτελείται σε περιηγητή ιστού (web browser), μέσω της οποίας ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση στο API.

Η πρώτη εφαρμογή είναι γραμμένη στη γλώσσα Python και βασίζεται στο περιβάλλον (framework) “Django”. Αναπτύχθηκε εξ αρχής για τη διενέργεια των πειραμάτων αυτής της διατριβής. Η επιλογή της γλώσσας Python έγινε αφενός για τη μεγάλη ευελιξία της αλλά επίσης και για την πληθώρα διαθέσιμων βιβλιοθηκών που διαθέτει. Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη ανάλυσης φυσικής γλώσσας (NLP) “NLTK”, όπως θα αναλυθεί και σε επόμενη παράγραφο. Αντίστοιχα, το Django framework επιλέχθηκε για τη δόμηση του web API επειδή αποτελεί ένα ώριμο περιβάλλον ανάπτυξης το οποίο διευκολύνει τη δημιουργία σχεσιακών μοντέλων για την αποθήκευση των δεδομένων και παρέχει τα απαραίτητα εργαλεία για την ανάπτυξη “RESTful” δικτυακών εφαρμογών. Τέλος, το Django δημιουργεί αυτόματα ένα εργαλείο διαχείρισης του API το οποίο είναι πολύ χρήσιμο για τη διενέργεια ελέγχων της λειτουργικότητας του.

Η δεύτερη εφαρμογή παρέχει ένα γραφικό περιβάλλον για τη χρήση του στατιστικού συστήματος. Για την ανάπτυξη του επιλέχθηκε η χρήση του περιβάλλοντος Angular καθώς αποτελεί ένα σύγχρονο περιβάλλον για την ανάπτυξη ασφαλών και επεκτάσιμων εφαρμογών, βασισμένων στις γλώσσες JavaScript (TypeScript), HTML και CSS, έτσι ώστε να λειτουργούν μέσω περιηγητή ιστού. Επίσης, είναι πλήρως responsive ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε συσκευή. Στις παρακάτω εικόνες περιγράφονται οι λειτουργίες των εφαρμογών:



Εικόνα 1: Η διεπαφή εισόδου στο διαχειριστικό περιβάλλον του Django

Site administration

ACCOUNTS	
Email addresses	+ Add ✎ Change
AUTH TOKEN	
Tokens	+ Add ✎ Change
AUTHENTICATION AND AUTHORIZATION	
Groups	+ Add ✎ Change
Users	+ Add ✎ Change
SITES	
Sites	+ Add ✎ Change

Εικόνα 2: Οι πίνακες που αφορούν τους χρήστες και την αυθεντικοποίηση

STYLOMETRY	
Authors	+ Add ✎ Change
Documents	+ Add ✎ Change
Groups	+ Add ✎ Change

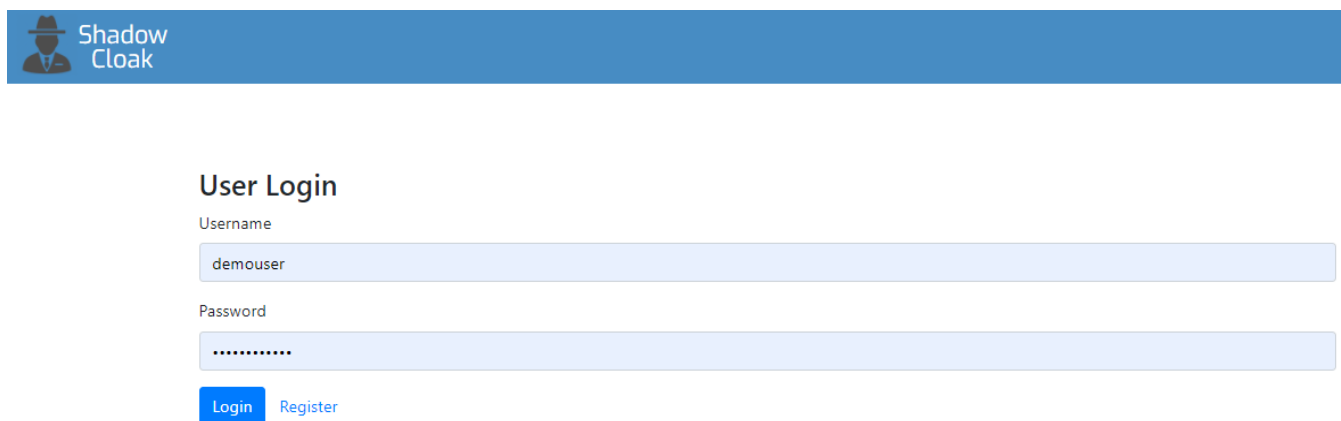
Εικόνα 3: Οι πίνακες που αφορούν τα δεδομένα που εισάγει ο χρήστης για στυλομετρική ανάλυση

Όπως φαίνεται και από τις παρακάτω φωτογραφίες, η εφαρμογή διαθέτει λειτουργικότητα εγγραφής νέων χρηστών και σύνδεσης τους στο σύστημα. Τα δεδομένα της εφαρμογής είναι χωρισμένα ανά χρήστη, ώστε να μπορεί ο καθένας να δημιουργήσει τη δική του βιβλιοθήκη με τα δικά του κείμενα, αλλά και να μην έχει πρόσβαση στα δεδομένα των άλλων χρηστών.



The screenshot shows the 'User Registration' page of the Shadow Cloak application. At the top left is the 'Shadow Cloak' logo. The page title is 'User Registration'. Below the title are four input fields: 'Username' with placeholder text 'Enter Username here', 'Email' with placeholder text 'Enter email here', 'Password' with placeholder text 'Enter Password here', and 'Repeat Password' with placeholder text 'Repeat Password here'. At the bottom of the form are two buttons: a blue 'Register' button and a 'Login to continue' link.

Εικόνα 4: Η δυνατότητα εγγραφής νέων χρηστών στο σύστημα



The screenshot shows the 'User Login' page of the Shadow Cloak application. At the top left is the 'Shadow Cloak' logo. The page title is 'User Login'. Below the title are two input fields: 'Username' containing the text 'demouser' and 'Password' containing a series of dots. At the bottom of the form are two buttons: a blue 'Login' button and a 'Register' link.

Εικόνα 5: Η δυνατότητα σύνδεσης διαφορετικών χρηστών στο σύστημα

Η διεπαφή χρήστη χωρίζεται σε τέσσερις σελίδες. Η πρώτη είναι η αρχική σελίδα υποδοχής στην εφαρμογή η οποία παρέχει κάποιες γενικές πληροφορίες για τη συστομετρία.

- Stylometry is the statistical analysis of variations in literary style between one writer or genre and another.

- It is often used to attribute authorship to anonymous or disputed documents. It has legal as well as academic and literary applications, ranging from the question of the authorship of Shakespeare's works to forensic linguistics. Stylometric methods are discussed in several academic fields such as machine learning, natural language processing, and lexicography.

- Stylometry can also be an important weapon for governments that want to analyze information on the internet. To be able to identify a suspected activist on the basis of his or her writing, to be able to attribute certain texts, to store the stylistic fingerprints of everybody on the basis of what they write online, or to be able to use these techniques as evidence in a trial only strengthens the surveillance state we now live under.

- This tool is designed to analyze a text's features and attribute it to one of the known authors, the one that has the most similar writing style. Thus, it can be used as a tool to check the real anonymity of a piece of text. In order to find the correct author of course, some of his documents must be inserted into the application so that his writing style can be inferred. The more data we have on an author, the better his writing style can be analyzed. Another feature of this application is the categorization of documents into user defined groups, so that we can search for the author of the disputed text only in the desired group of documents.

- It can also help evade behavioral biometric recognition by copying the text from this tool and pasting it to untrusted websites.

- "Man is least himself when he talks in his own person. Give him a mask, and he will tell you the truth." - Oscar Wilde

Εικόνα 6: Η αρχική σελίδα του ShadowCloak

Η επόμενη σελίδα ονομάζεται “Documents” και αποτελεί τη σελίδα διαχείρισης της βιβλιοθήκης του κάθε χρήστη. Μέσω αυτής της σελίδας, ο χρήστης μπορεί να εισαγάγει στη βάση δεδομένων διαφορετικά κείμενα, να δημιουργήσει συγγραφείς ή κατηγορίες κειμένων και να συσχετίσει όλα αυτά μεταξύ τους με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργήσει το δικό του corpus, με βάση το οποίο ο αλγόριθμος στυλομετρικής ανάλυσης θα εξάγει το στυλ των γνωστών συγγραφέων ανά κατηγορία και θα ταυτοποιήσει το συγγραφέα των αγνώστων κειμένων.

Collapse All

Add New +

Authors

Group

Books

Author: Agatha Christie

Author: Arthur Conan Doyle

Adventures Of Sherlock Holmes

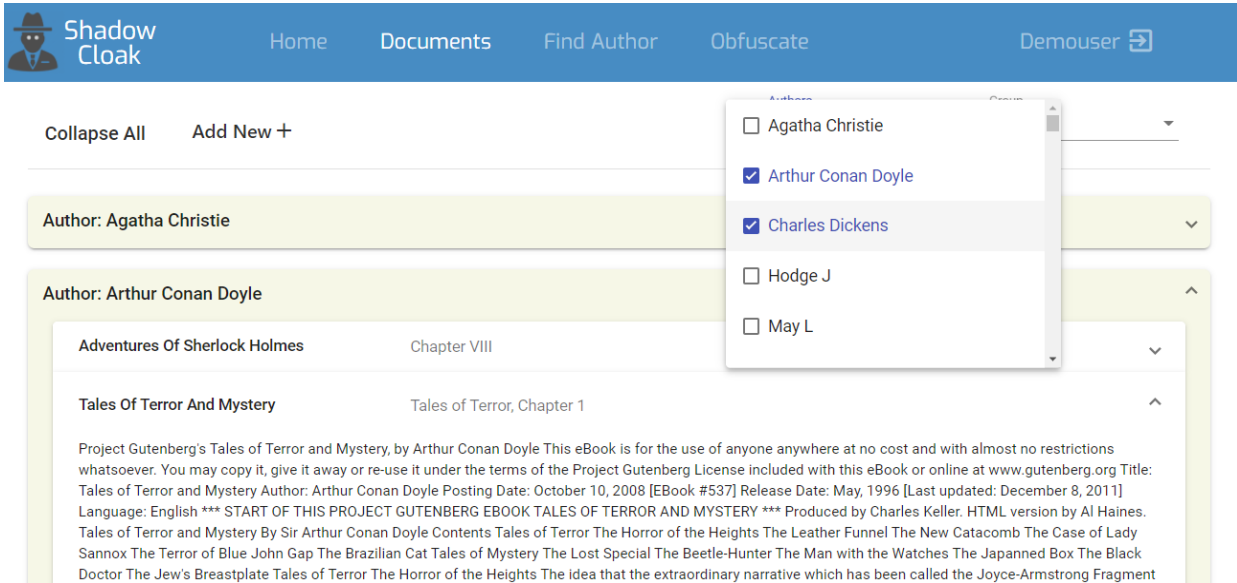
Chapter VIII

Tales Of Terror And Mystery

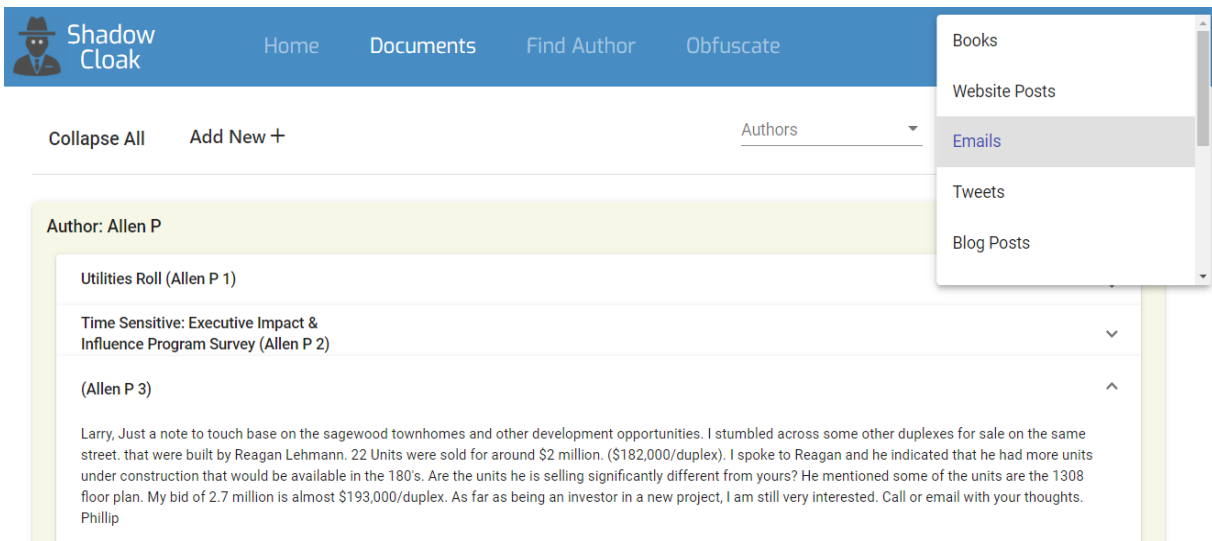
Tales of Terror, Chapter 1

Project Gutenberg's Tales of Terror and Mystery, by Arthur Conan Doyle This eBook is for the use of anyone anywhere at no cost and with almost no restrictions whatsoever. You may copy it, give it away or re-use it under the terms of the Project Gutenberg License included with this eBook or online at www.gutenberg.org Title: Tales of Terror and Mystery Author: Arthur Conan Doyle Posting Date: October 10, 2008 [EBook #537] Release Date: May, 1996 [Last updated: December 8, 2011] Language: English *** START OF THIS PROJECT GUTENBERG EBOOK TALES OF TERROR AND MYSTERY *** Produced by Charles Keller. HTML version by Al Haines. Tales of Terror and Mystery By Sir Arthur Conan Doyle Contents Tales of Terror The Horror of the Heights The Leather Funnel The New Catacomb The Case of Lady Sannox The Terror of Blue John Gap The Brazilian Cat Tales of Mystery The Lost Special The Beetle-Hunter The Man with the Watches The Japanned Box The Black Doctor The Jew's Breastplate Tales of Terror The Horror of the Heights The idea that the extraordinary narrative which has been called the Joyce-Armstrong Fragment

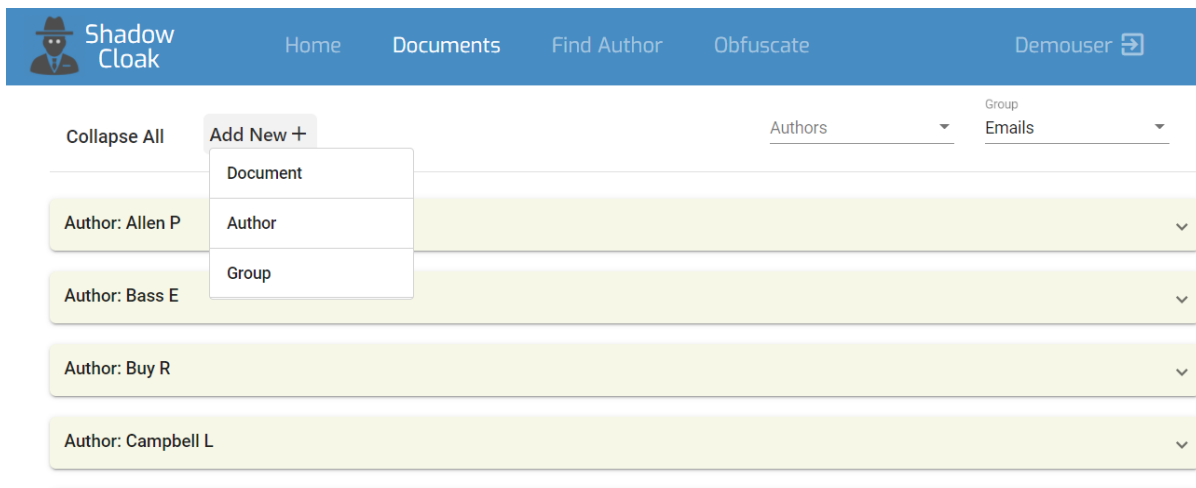
Εικόνα 7: Η σελίδα “Documents” που περιέχει τα κείμενα χωρισμένα ανά συγγραφέα



Εικόνα 8: Ο χρήστης μπορεί να φιλτράρει τα κείμενα με βάση τους συγγραφείς τους



Εικόνα 9: Επίσης μπορεί να φιλτράρει τα κείμενα με βάση την κατηγορία τους



Εικόνα 10: Ο χρήστης μπορεί να προσθέσει Κείμενα, Συγγραφείς και Κατηγορίες

The screenshot shows the 'Add Author' modal in the Shadow Cloak application. On the left, a sidebar lists authors: Allen P, Bass E, Buy R, Campbell L, Cuilla M, and Dasovich I. The modal form on the right has the following fields:

- Name***: A required text input field containing 'New Author'.
- Description**: An optional text area containing 'A random author for demonstration purposes'.

At the bottom of the modal, there are 'Cancel' and 'Create' buttons.

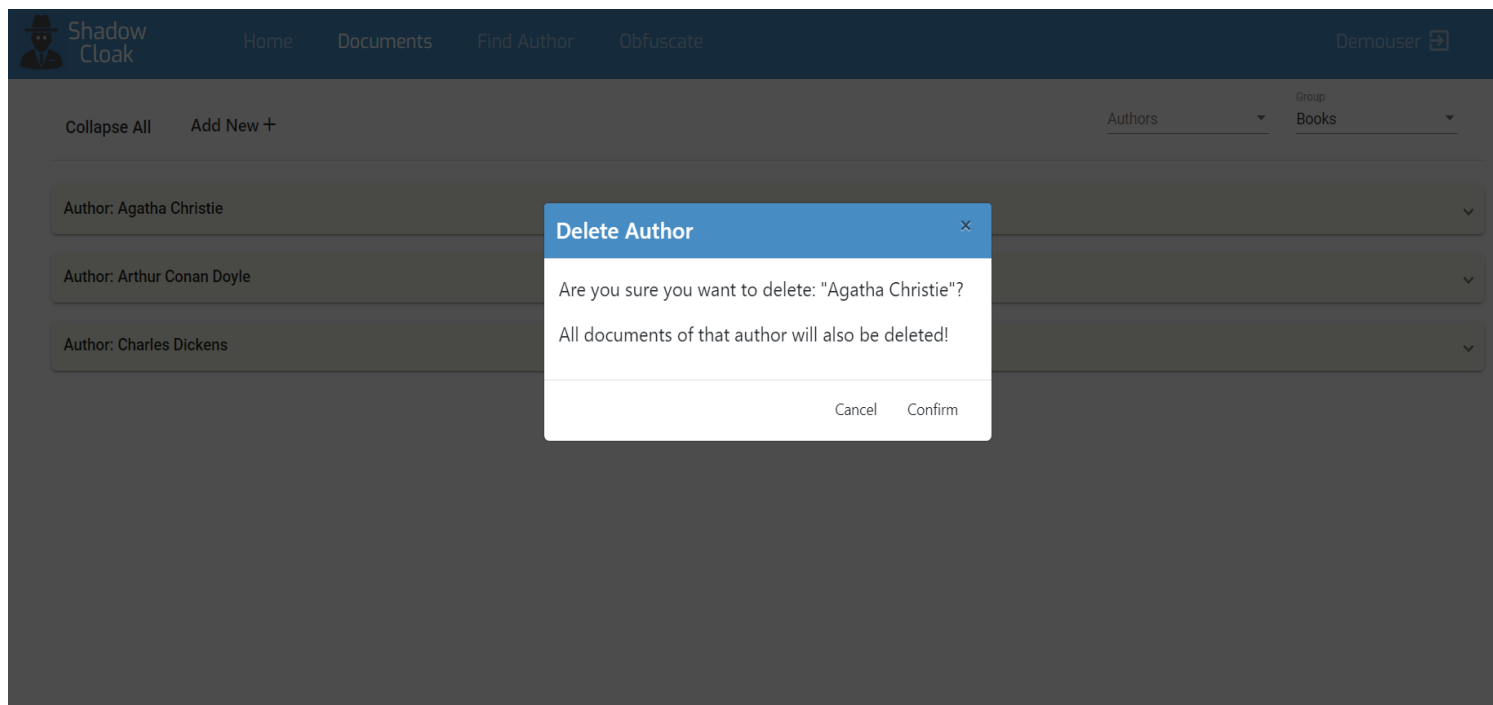
Εικόνα 11: Μέσω τέτοιων φορμών προστίθενται οι συγγραφείς, οι κατηγορίες και τα κείμενα

The screenshot shows the 'Edit Document' modal in the Shadow Cloak application. On the left, a sidebar lists authors: Agatha Christie, Arthur Conan Doyle, and Charles Dickens. The modal form on the right has the following fields:

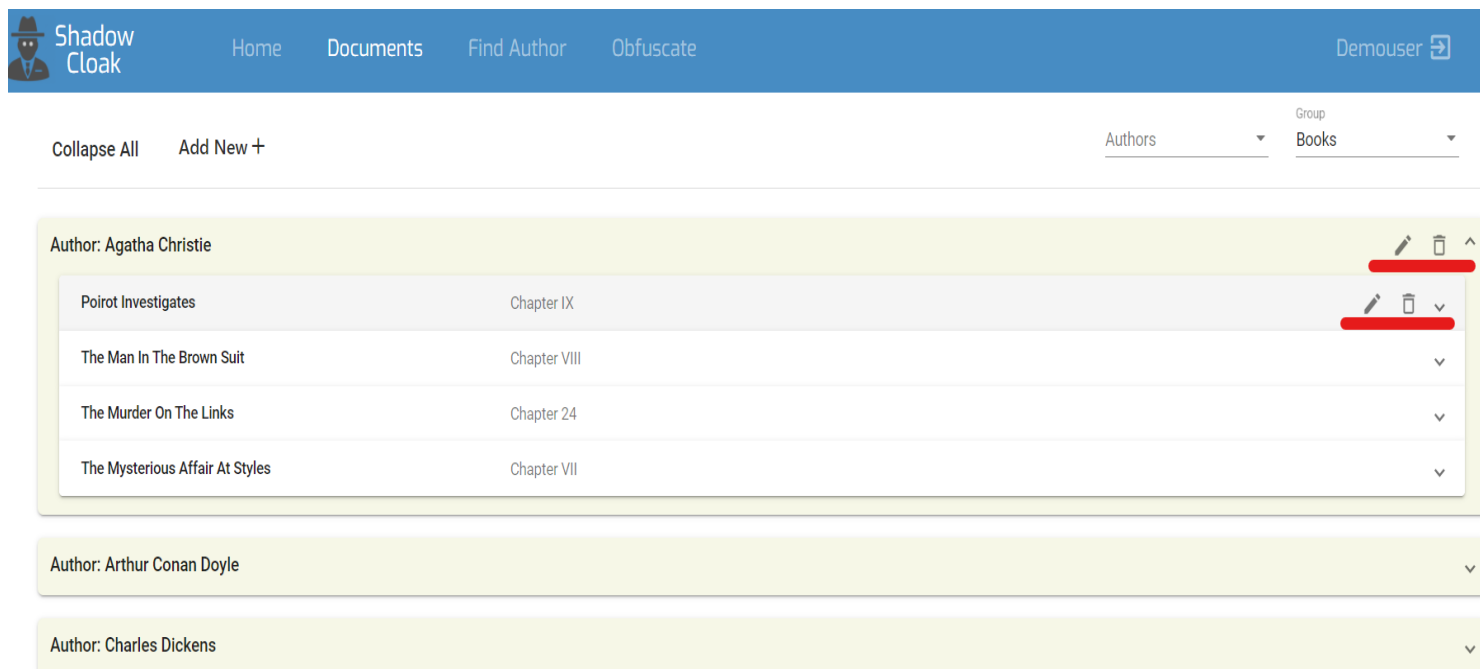
- Title***: A required text input field containing 'The Man in the Brown Suit'.
- Description**: A text input field containing 'Chapter VIII'.
- Publication Date**: A date input field containing '2/20/2002'.
- Author***: A dropdown menu with 'agatha christie' selected.
- Group***: A dropdown menu with 'books' selected.
- Text***: A large text area containing the Project Gutenberg license text and the title 'The Man in the Brown Suit'.

At the bottom of the modal, there are 'Cancel' and 'Update' buttons.

Εικόνα 12: Επίσης γίνεται επεξεργασία των ήδη υπάρχοντων κειμένων, συγγραφέων και κατηγοριών

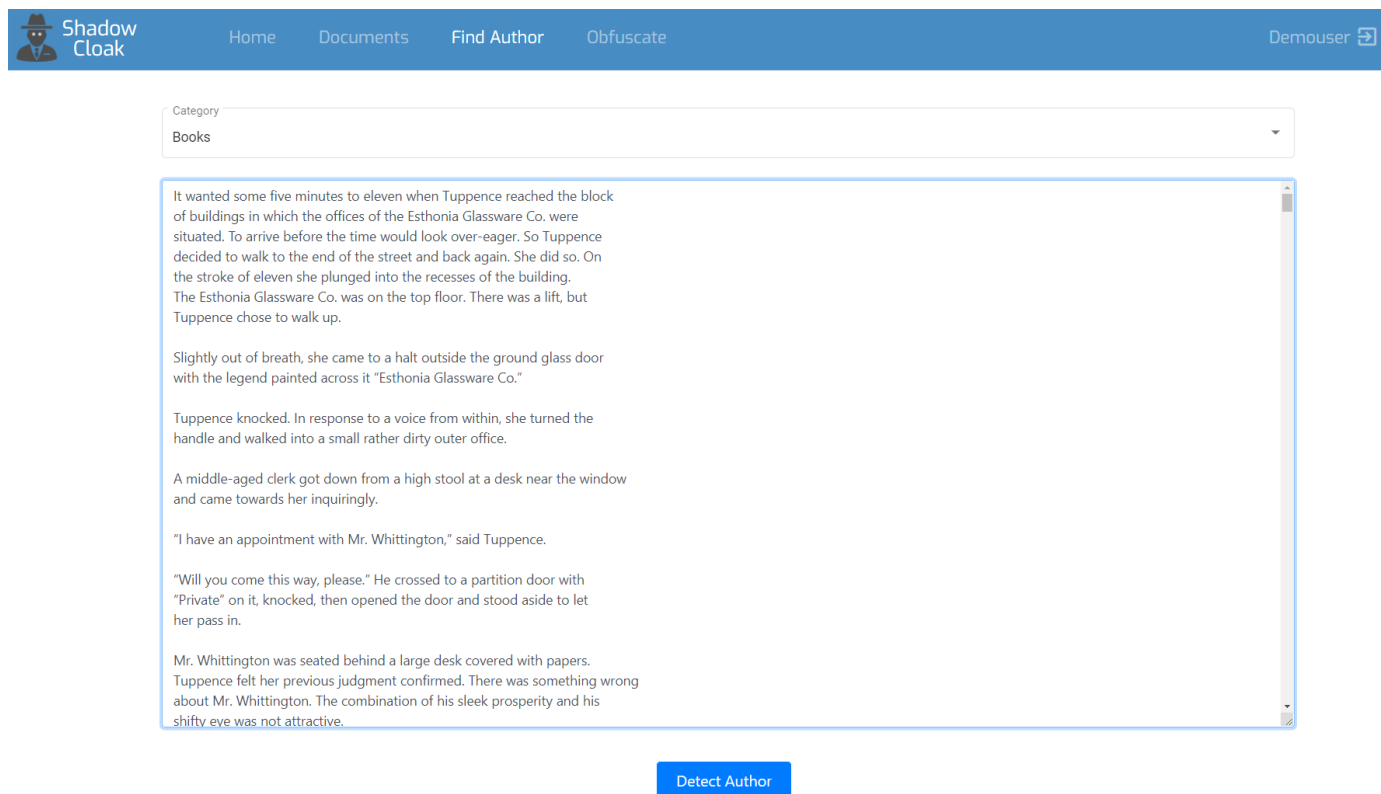


Εικόνα 13: Προφανώς ο χρήστης μπορεί κατά τον ίδιο τρόπο να διαγράψει ότι επιθυμεί



Εικόνα 14: Τα κουμπιά μέσω των οποίων ο χρήστης επιλέγει την επεξεργασία ή τη διαγραφή

Η τρίτη σελίδα “Find Author” αποτελεί τη σελίδα όπου ο χρήστης μπορεί να εισαγάγει ένα κείμενο αγνώστου συγγραφέα και να προσπαθήσει να ταυτοποιήσει το συγγραφέα του ανάμεσα στους συγγραφείς που περιέχει η βιβλιοθήκη του. Επιλέγει επίσης την κατηγορία του κειμένου έτσι ώστε το σύστημα να αναλύσει μόνο τα κείμενα που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία κατά την ανάλυση και τη σύγκριση του στυλ. Αυτή η λειτουργικότητα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη καθώς έδωσε τη δυνατότητα να πραγματοποιηθούν όλα τα σενάρια δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν για την παρούσα διατριβή και παρουσιάζονται σε επόμενη ενότητα.



Εικόνα 14: Η σελίδα που επιτρέπει στο χρήστη να ταυτοποιήσει το συγγραφέα ενός κειμένου

Αν και το γραφικό περιβάλλον αυτή της σελίδας είναι πολύ λιτό, στην πραγματικότητα το μεγαλύτερο μέρος της επεξεργασίας που γίνεται στην εφαρμογή, γίνεται σε αυτό το σημείο. Μόλις ο χρήστης πατήσει το κουμπί “Find Author”, το κείμενο και η κατηγορία στέλνονται στο web API και εκεί ξεκινάει μια σειρά διαδικασιών.

Πρώτα, δημιουργείται ένα Python dictionary, δηλαδή μια δομή δεδομένων στη μνήμη στην οποία αποθηκεύονται όλα τα κείμενα της επιλεγμένης κατηγορίας χωρισμένα ανά συγγραφέα. Η μορφή αυτή είναι η πλέον κατάλληλη ώστε να δοθούν αυτά τα κείμενα ως είσοδος σε μια άλλη συνάρτηση η οποία είναι υπεύθυνη για την επεξεργασία τους. Η συνάρτηση αυτή, η οποία δέχεται ως είσοδο τα κείμενα των γνωστών συγγραφέων αλλά και το κείμενο προς

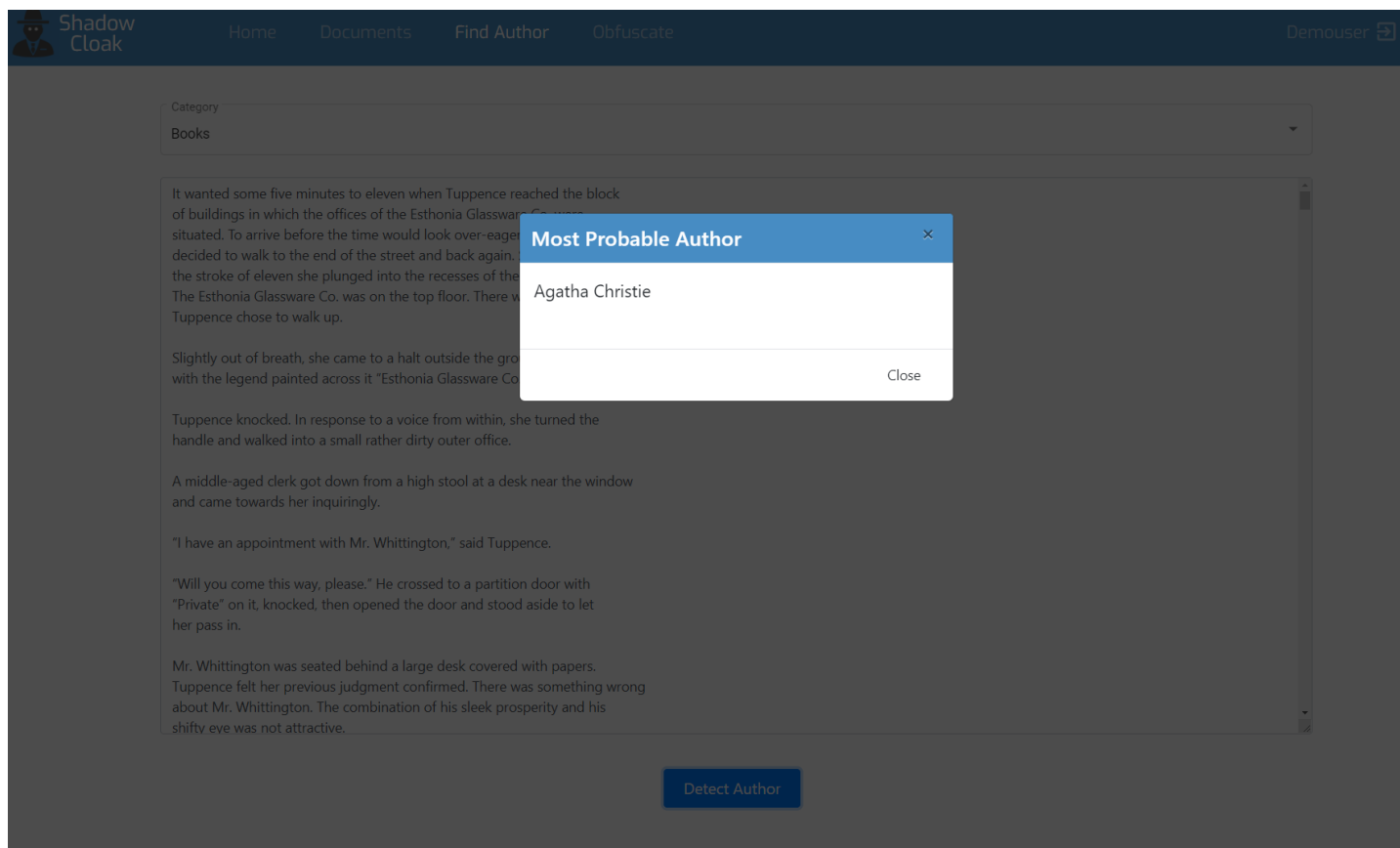
ταυτοποίηση, πραγματοποιεί τη μετατροπή των δεδομένων από κείμενα σε λίστες από λέξεις (tokens). Τα tokens αυτά αποτελούνται από το περιεχόμενο των κειμένων, αφού έχουν αφαιρεθεί τα σημεία στίξης και οι χαρακτήρες που δεν αποτελούν γράμματα, αλλά επίσης αφού έχουν μετατραπεί σε μικρά γράμματα για να μετρούνται οι ίδιες λέξεις μόνο μια φορά, ανεξάρτητα από την κεφαλαιοποίηση τους. Η διαδικασία αυτή γίνεται με τη βοήθεια της βιβλιοθήκης επεξεργασίας φυσικής γλώσσας της Python “NLTK” (<https://www.nltk.org/>) η οποία διαθέτει έτοιμα εργαλεία για τέτοιου είδους εργασίες.

Εφόσον λοιπόν έχουν μετατραπεί όλα τα κείμενα σε λίστες από tokens, μια λίστα για κάθε συγγραφέα, υπολογίζεται η συχνότητα εμφάνισης του κάθε token. Οι συχνότητες του κάθε token υπολογίζεται μια φορά για όλο το corpus των κειμένων και άλλη μια για το corpus του εκάστοτε συγγραφέα. Ύστερα οι συχνότητες αυτές κανονικοποιούνται με έναν τρόπο που περιγράφεται σε επόμενη ενότητα έτσι ώστε να είναι ισότιμα συγκρίσιμες. Τέλος, οι κανονικοποιημένες συχνότητες των πιο συχνών tokens συγκρίνονται με τις συχνότητες για κάθε συγγραφέα αλλά και με τις συχνότητες που παρατηρούνται στο άγνωστο κείμενο. Από τη σύγκριση αυτή προκύπτει η ταυτοποίηση του πιο πιθανού συγγραφέα.

```
Delta score for hodge j is 1.432
Delta score for may l is 1.252
Delta score for tholt j is 1.302
Delta score for delaine d is 1.029
Delta score for scott s is 0.877
Delta score for derrick j is 1.212
Delta score for whalley g is 1.714
Delta score for white s is 2.036
Delta score for mckay b is 1.374
Delta score for lavorato j is 0.990
Delta score for mconnell m is 0.976
Delta score for fossum d is 0.965
Delta score for shively h is 1.413
Delta score for rogers b is 1.322
Delta score for dasovich j is 0.914
Delta score for keavey p is 1.399
Delta score for mclaughlin e is 1.119
Delta score for neal s is 1.342
Delta score for kean s is 1.127
Delta score for haedicke m is 1.299
Delta score for cuilla m is 1.168
Delta score for bass e is 1.426
Delta score for gay r is 1.201
Delta score for weldon c is 0.949
Delta score for sager e is 1.109
Delta score for donohoe t is 1.777
Delta score for quenet j is 1.812
Delta score for allen p is 1.229
Delta score for townsend j is 1.244
Delta score for davis d is 1.110
Delta score for buy r is 1.017
Delta score for campbell l is 0.941
```

Εικόνα 15: Υπολογισμοί που εκτελούνται στο Back End με στόχο την ταυτοποίηση του συγγραφέα

Μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία που περιεγράφηκε, το σύστημα ενημερώνει το χρήστη παρουσιάζοντας του τον πιο πιθανό συγγραφέα του κειμένου.



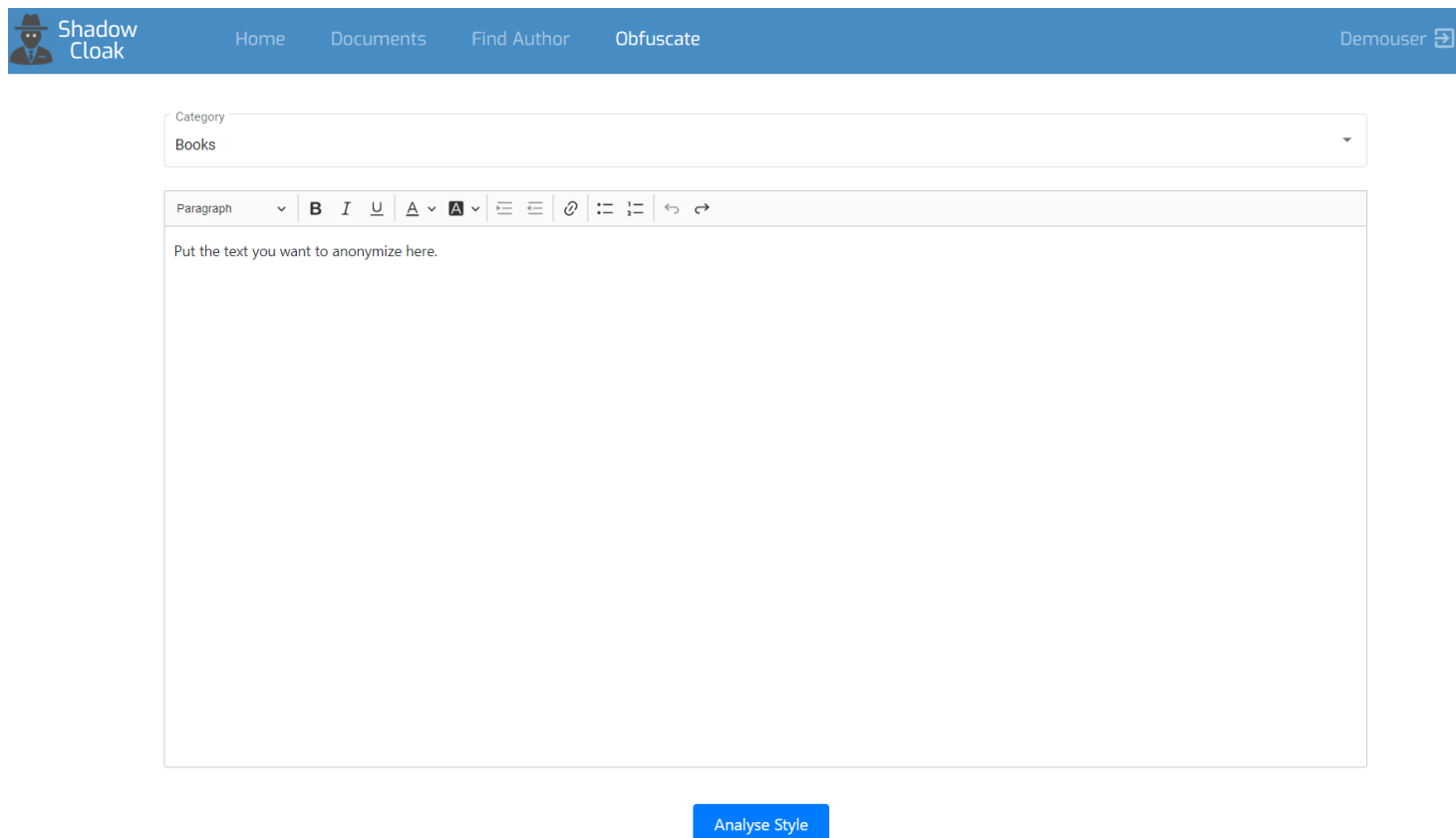
Εικόνα 16: Το αποτέλεσμα της στυλομετρικής ανάλυσης του αγνώστου κειμένου

Εκτός από την ταυτοποίηση του συγγραφέα ενός κειμένου, που αποτελεί και το κυρίως θέμα της παρούσας διατριβής, προτείνεται και μια μέθοδος παραπλάνησης της ταυτοποίησης μέσω στυλομετρίας η οποία έχει ως στόχο την ανωνυμοποίηση. Κατά αυτό τον τρόπο, η εφαρμογή ShadowCloak ανάγεται και σε ένα εργαλείο ανωνυμοποίησης, στα πλαίσια της προστασίας της ιδιωτικότητας.

Ο τρόπος με τον οποίο προτείνεται η απόπειρα παραπλάνησης του συστήματος, είναι μέσω της αναγνώρισης των λέξεων που βοήθησαν περισσότερο στην ταυτοποίηση του συγγραφέα και στη σταδιακή αντικατάστασή τους έως ότου το σύστημα να μη μπορεί πλέον να προβεί σε επιτυχή ταυτοποίησή του.

Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκε το κομμάτι της λειτουργικότητας το οποίο αντιστοιχεί στην τέταρτη και τελευταία σελίδα της εφαρμογής με τίτλο "Obfuscate". Στη σελίδα αυτή παρουσιάζονται στο χρήστη τα tokens τα οποία έπαιξαν μεγαλύτερο ρόλο στην ταυτοποίηση

του και παράλληλα υπογραμμίζονται στο κείμενο έτσι ώστε αντικαθιστώντας τα, να επιχειρήσει την ανωνυμοποίηση του.



Εικόνα 17: Η σελίδα Obfuscate που χρησιμεύει στη ανωνυμοποίηση κειμένων

Η σελίδα αυτή μοιάζει πολύ με την προηγούμενη. Υπάρχει ένα πεδίο όπου ο χρήστης εισάγει το κείμενο του, επιλέγει την κατηγορία που επιθυμεί και κάνει κλικ στο κουμπί “Analyse Style”. Σε αντίθεση με την προηγούμενη σελίδα όμως, πλέον ο χρήστης εισάγει το κείμενο όχι σε ένα απλό πεδίο κειμένου, αλλά σε έναν HTML Editor, έτσι ώστε να υποστηρίζονται οι λειτουργίες υπογράμμισης και χρωματισμού των λέξεων του κειμένου, όπως θα φανεί παρακάτω, αλλά και η επεξεργασία του από το χρήστη. Για τη δημιουργία αυτού του πεδίου χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη CKEditor (<https://ckeditor.com/ckeditor-5/>) στην συμβατή έκδοση της για Angular.

Εφόσον λοιπόν ο χρήστης εισάγει το κείμενο του, ακολουθεί η ίδια ανάλυση που έγινε και για την ταυτοποίηση, με τα επιπλέον βήματα της αναγνώρισης των tokens που είχαν τη μεγαλύτερη απόκλιση στη συχνότητα χρήσης τους από το μέσο όρο και της ανάλυσης τους σε μέρη του λόγου. Η ανάλυση των tokens σε μέρη του λόγου, πχ αντωνυμίες, άρθρα, ρήματα, κ.ο.κ., αποτελεί

μια επιπλέον λειτουργία η οποία μπορεί να δώσει μια καλύτερη εικόνα στο τι πραγματικά αποτελεί το στυλ, ή τον τρόπο έκφρασης του συγγραφέα, αλλά παράλληλα βοηθάει και στην ανωνυμοποίηση καθώς βοηθάει το χρήστη να παρατηρήσει τις λέξεις που επαναλαμβάνει και τα μοτίβα με τα οποία συνηθίζει να εκφράζεται. Αυτή η ανάλυση στα μέρη του λόγου έγινε με τη βοήθεια της βιβλιοθήκης NLTK στην οποία έχει γίνει ήδη αναφορά.

The screenshot shows the Shadow Cloak web application. At the top, there is a navigation bar with 'Home', 'Documents', 'Find Author', and 'Obfuscate' buttons, and a 'Demouser' button on the right. Below the navigation bar, the 'Suggested Author' field contains 'Agatha Christie'. Underneath, the 'Most Relevant Tokens' section displays a grid of tokens categorized by part of speech: Verbs (was, be, said, have, not, but, me, her, he, you, his, my, with, had, on, she, we, him), Adjectives (not, but, me, her, he, you, his, my, with, had, on, she, we, him), Nouns (the, and, of, to, a, in, it, that, was, he, you, his, my, with, had, as, is, at, for, have, not, but, me, her, he, you, his, my, with, had, on, she, we, him), Adverbs (with, had, on, she, we, him), and Others (the, and, of, to, a, in, it, that, was, he, you, his, my, with, had, as, is, at, for, have, not, but, me, her, he, you, his, my, with, had, on, she, we, him). A 'Reset Tokens' button is located at the bottom right of the tokens grid. Below the tokens, there is a text editor with a rich text toolbar. The text in the editor is: 'Tuppence shook her head. She was doubtful as to how long she could sustain this illusion, but she realized the importance of not dragging an unknown Rita into it. "No," she replied with perfect truth. "Rita knows nothing about me." His eyes still bored into her like gimlets. "How much do you know?" he shot out. "Very little indeed," answered Tuppence, and was pleased to note that Whittington's uneasiness was augmented instead of allayed. To have boasted that she knew a lot might have raised doubts in his mind. "Anyway," snarled Whittington, "you knew enough to come in here and plump out that name." "It might be my own name," Tuppence pointed out. "It's likely, isn't it, then there would be two girls with a name like that?"

Εικόνα 18: Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της σελίδας Obfuscate

Σε αυτή τη σελίδα ο αρχικός συγγραφέας, δηλαδή αυτός του οποίου το στυλ ταιριάζει περισσότερο με το στυλ του αγνώστου κειμένου, αναγράφεται στο πάνω μέρος της σελίδας, στο πεδίο "Suggested Author". Ακριβώς από κάτω ακολουθεί μια "περιοχή" με τα tokens που βοήθησαν περισσότερο στην ταυτοποίηση του στυλ του συγγραφέα. Τα tokens αυτά είναι χρωματισμένα ανάλογα τι μέρος του λόγου είναι το καθένα κι επίσης υπάρχουν κουμπιά τα οποία επιτρέπουν στο χρήστη να επιλέξει ποια tokens θέλει να "κρατήσει" και ποια να αφαιρέσει. Τα χρώματα που αντιστοιχούν στο κάθε μέρος του λόγου φαίνονται στην πάνω δεξιά πλευρά της "περιοχής".

Most Relevant Tokens:

Verbs Adjectives Nouns Adverbs Pronouns Others

the and of to a in it that was he you his my with

had as is at for have not but me her be said on she

we him

Reset Tokens

Εικόνα 19: Τα πιο σημαντικά tokens για την ανωνυμοποίηση

Πατώντας το κουμπί “x” στην πάνω δεξιά γωνία του κάθε token, ο χρήστης μπορεί να αφαιρέσει όσα δε θέλει να αντικαταστήσει ώστε να μην χρωματίζονται στο κείμενο. Επίσης μπορεί να τα επαναφέρει πατώντας το κουμπί “Reset Tokens”. Σε κάθε αλλαγή που κάνει ο χρήστης, το κείμενο ενημερώνεται αντίστοιχα.

Paragraph

Tuppence shook **her** head. She **was** doubtful **as to** how long **she** could sustain this illusion, **but she** realized **the** importance **of not** dragging an unknown Rita into it.

“No,” **she** replied **with** perfect truth. “Rita knows nothing about me.”

His eyes still bored into **her** like gimlets.

“How much do **you** know?” **he** shot out.

“Very little indeed,” answered Tuppence, **and was** pleased **to** note that Whittington’s uneasiness **was** augmented instead **of** allayed. To have boasted **that she** knew a lot might **have** raised doubts **in his** mind.

“Anyway,” snarled Whittington, “you knew enough **to** come **in** here and plump out **that** name.”

“It might **be my** own name,” Tuppence pointed out.

“It’s likely, isn’t it, then there would **be** two girls **with a** name like that?”

“Or I might just **have** hit upon **it** by chance,” continued Tuppence, intoxicated **with the** success **of** truthfulness.

Εικόνα 20: Τα tokens υπογραμμισμένα μέσα στο κείμενο

Όπως φαίνεται στην εικόνα 20, στο κείμενο έχουν χρωματιστεί τα επιλεγμένα tokens έτσι ώστε να μπορεί ο χρήστης εύκολα να τα αντικαθιστά κατά βούληση, ή να αλλάζει τελείως τον τρόπο έκφρασης στα συγκεκριμένα σημεία.

4.3 Μεθοδολογία

Αν και η χρήση της στυλομετρίας ως μεθόδου ανάλυσης του τρόπου γραφής ανάγεται αιώνες στο παρελθόν, τα τελευταία χρόνια έχει γνωρίσει μια απότομη άνοδο. Αυτό αντανακλάται και στο πλήθος των επιστημονικών ερευνών που έχουν γίνει την τελευταία πενταετία σχετικά με το θέμα.

Ως πρώτο βήμα λοιπόν έπρεπε να μελετηθεί το σύνολο των σχετικών ερευνών και να γίνει μια επισκόπηση για τη μέθοδο που θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί στο παρόν σύστημα αλλά και για τα αποτελέσματα που θα μπορούσαν να εξαχθούν από τη χρήση του. Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε τελικά για την ανάπτυξη του αλγόριθμου του στυλομετρικού συστήματος ταυτοποίησης χρησιμοποιεί ως features, δηλαδή ως μετρικές του στυλ του κάθε προσώπου τις πιο συχνές λειτουργικές λέξεις που περιλαμβάνονται στο corpus των γνωστών κειμένων του, ενώ ως μέθοδος σύγκρισης των στυλ χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος John Burrows' Delta. Οι μέθοδοι αυτές, οι οποίες είναι και οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες, επιλέχθηκαν διότι εμφανίζουν τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα κατά την ταυτοποίηση, ακόμα και με μικρό πλήθος γνωστών κειμένων[05][11].

4.3.1 Η αναπαράσταση του στυλ

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που καθορίζουν την επιτυχία ή όχι ενός στυλομετρικού συστήματος στην ταυτοποίηση είναι η μετρική σύμφωνα με την οποία θα αναπαρασταθεί το στυλ του κάθε συγγραφέα. Ευτυχώς, οι έρευνες που έχουν γίνει πάνω στο θέμα, όπως αναφέρθηκε και στο δεύτερο κεφάλαιο, καταλήγουν στη χρήση των συχνοτήτων εμφάνισης των n πιο συχνών λέξεων, οι οποίες συνήθως είναι οι λειτουργικές λέξεις των κειμένων. Το μέγεθος του αριθμού n εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως ο πλούτος του λεξιλογίου που περιλαμβάνεται στα κείμενα, το μήκος του αμφισβητούμενου κειμένου και το πλήθος των γνωστών κειμένων ανά συγγραφέα, το πλήθος και η διαφορετικότητα στο στυλ ανάμεσα στους γνωστούς συγγραφείς, κ.α.. Ο αριθμός των πιο συχνών λέξεων $n=50$ επιλέχθηκε για το σύστημα ShadowCloak καθώς στις προκαταρκτικές δοκιμές κατά την ανάπτυξη του συστήματος απέδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα για τα συγκεκριμένα corpora. Η μεταβολή λοιπόν στη συχνότητα εμφάνισης των πιο συχνών λέξεων αντιπροσωπεύει τον τρόπο γραφής του εκάστοτε συγγραφέα και η διαφορά μεταξύ των συχνοτήτων τους καθορίζει το συγγραφέα του υπό αμφισβήτηση κειμένου.

4.3.2 Η ταυτοποίηση του συγγραφέα

Έχοντας λοιπόν μια λίστα με τις συχνότητες εμφάνισης των πιο συχνών λέξεων για κάθε συγγραφέα και μια λίστα με τις συχνότητες εμφάνισης των πιο συχνών λέξεων του ανώνυμου κειμένου, μέσω της σύγκρισης μπορεί να ταυτοποιηθεί ο συγγραφέας. Για να γίνει όμως αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί μία μέθοδος κανονικοποίησης των συχνοτήτων εμφάνισης έτσι ώστε τα αποτελέσματα να μην επηρεάζονται δυσανάλογα από τη διαφορά μεταξύ των πρώτων features που θα έχουν πολύ μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης. Επίσης, όπως είναι ευνόητο, πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια μέθοδος σύγκρισης της απόκλισης. Για την επίτευξη των δύο αυτών διαδικασιών, χρησιμοποιήθηκε όπως προαναφέρθηκε η μέθοδος Burrows' Delta.

Ο βασικός αλγόριθμος του John Burrows περιλαμβάνει τα παρακάτω βασικά βήματα:

- Συλλογή του corpus των κειμένων που ανήκουν σε έναν αριθμό γνωστών συγγραφέων. Τα κείμενα θεωρούνται ως ένας "σάκος" από λέξεις (bag of words).
- Εύρεση των n πιο συχνών λέξεων οι οποίες θα αποτελέσουν τα features για το συγκεκριμένο corpus.
- Εύρεση του ποσοστού εμφάνισης κάθε λέξης των παραπάνω features στο subcorpus κάθε συγγραφέα.
- Υπολογισμός της συνολικής μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης του κάθε feature για όλο το corpus, με βάση τις τιμές που υπολογίστηκαν πριν για κάθε μεμονωμένο subcorpus. Αυτές αποτελούν τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση αυτού του feature για όλο το corpus.
- Υπολογισμός του z-score του κάθε feature για κάθε subcorpus, δηλαδή για κάθε συγγραφέα. Το z-score υπολογίζεται αφαιρώντας τη συνολική μέση τιμή αυτού του feature που μόλις υπολογίστηκε από τη συχνότητα εμφάνισης αυτού του feature στο συγκεκριμένο subcorpus, και διαιρώντας με την τυπική απόκλιση του συγκεκριμένου feature. Με αυτό τον τρόπο υπολογίζεται η απόκλιση του συγκεκριμένου συγγραφέα στη χρήση της συγκριμένης λέξης (feature) από το standard ποσοστό ολόκληρου του corpus.

Το z-score είναι μια θεμελιώδης έννοια στον αλγόριθμο του Burrows καθώς επιτρέπει την κανονικοποίηση των μετρήσεων των συχνοτήτων εμφάνισης και την αποφυγή του νόμου

του Zipf, σύμφωνα με τον οποίο λίγες λέξεις αλλά με μεγάλη συχνότητα θα επηρέαζαν σε πολύ μεγάλο βαθμό τα αποτελέσματα. Το z-score για κάθε feature (F) υπολογίζεται με τον παρακάτω τύπο, όπου $f_i(F)$ το ποσοστό συχνότητας εμφάνισης του feature στο subcorpus, το μ_i τη συνολική μέση τιμή του feature και το σ_i την τυπική απόκλιση του:

$$z_i(F) = \frac{f_i(F) - \mu_i}{\sigma_i}$$

Μέχρι αυτό το βήμα του αλγόριθμου έχουν υπολογιστεί τα z-scores για κάθε subcorpus, οπότε παίρνοντας κάθε z-score ως μια διάσταση ενός διάνυσματος, μπορεί να εξαχθεί για κάθε συγγραφέα ένα διάνυσμα n διαστάσεων.

- Έπειτα ακολουθεί κατά τον ίδιο τρόπο υπολογισμός του z-score του κάθε feature για το ανώνυμο κείμενο του οποίου αναζητείται ο συγγραφέας. Πλέον υπάρχει λοιπόν και το διάνυσμα n διαστάσεων που αντιπροσωπεύει το στυλ του άγνωστου συγγραφέα.
- Ως τελευταίο βήμα, υπολογίζεται το delta score για κάθε subcorpus συγκρίνοντας την απόσταση του διανύσματος των z-scores του με το διάνυσμα του ανώνυμου κειμένου.

Το delta score υπολογίζεται με βάση τον παρακάτω τύπο, όπου $Z_{a(i)}$ το z-score του feature i για τον συγγραφέα a και $Z_{t(i)}$ το z-score του feature i για το ανώνυμο κείμενο.

$$\Delta_s = \sum_i \frac{|Z_{a(i)} - Z_{t(i)}|}{n}$$

Ο συγγραφέας που επιλέγεται είναι αυτός του οποίου το subcorpus έχει το διάνυσμα με τη μικρότερη απόσταση από το διάνυσμα του ανώνυμου κειμένου. Δηλαδή επιλέγεται ο συγγραφέας με το μικρότερο delta score, διότι είναι ο συγγραφέας του οποίου ο τρόπος γραφής, με βάση τα γνωστά κείμενά του, απέχει λιγότερο από τον τρόπο γραφής του άγνωστου κειμένου.

4.3.3 Η συλλογή των κειμένων

Σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράφηκε έως τώρα, ο συγγραφέας του ανώνυμου κειμένου επιλέγεται ανάμεσα στους συγγραφείς των οποίων κάποια κείμενα είναι γνωστά και έχουν εισαχθεί στο σύστημα. Πριν λοιπόν υπάρξει η δυνατότητα ταυτοποίησης, έπρεπε να βρεθούν τα κατάλληλα δεδομένα τα οποία θα μπορούσαν να υποστηρίξουν τα σενάρια χρήσης που απαιτούσε αυτή η έρευνα. Για να καλυφθεί όλο το εύρος των μεγεθών και των δομικών στοιχείων επιλέχθηκαν 4 κατηγορίες κειμένων. Τα βιβλία, τα emails, τα άρθρα (blog posts) και οι αναρτήσεις κοινωνικών δικτύων (social media posts). Όλα τα κείμενα που χρησιμοποιήθηκαν δεν κατασκευάστηκαν για ερευνητικούς σκοπούς αλλά είναι πραγματικά.

Η πηγή από την οποία αντλήθηκαν τα βιβλία είναι το Project Gutenberg (<https://www.gutenberg.org/>) το οποίο αποτελεί την παλαιότερη ψηφιακή βιβλιοθήκη και περιέχει κατά κύριο λόγο πλήρη κείμενα βιβλίων δημόσιας κυριότητας σε διάφορες μορφές. Τα βιβλία που χρησιμοποιήθηκαν "κατεβάστηκαν" σε μορφή απλού κειμένου (plaintext utf-8) και εισήχθησαν χειροκίνητα στη εφαρμογή ShadowCloak, καθώς για τα βιβλία δεν απαιτούνταν μεγάλος αριθμός κειμένων για την επίτευξη της ανάλυσης. Τα κείμενα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατηγορία των βιβλίων είναι αποσπάσματα από κλασικά βιβλία, αριστουργήματα της παγκόσμιας λογοτεχνίας.

Για τα emails, χρησιμοποιήθηκε το corpus των emails της εταιρείας Enron. Η Enron ήταν μια εταιρεία ενέργειας στο Texas των ΗΠΑ η οποία χρεωκόπησε το 2001 λόγω απάτης. Κάποια από τα emails των υπαλλήλων της διατέθηκαν στη δημοσιότητα από την αρμόδια υπηρεσία κατά την ολοκλήρωση της έρευνας για την απάτη. Τα emails περιλαμβάνουν 200 χιλιάδες emails από 150 χρήστες σε μορφή απλού κειμένου. Ένα υποσύνολο αυτών χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία του corpus της εφαρμογής ShadowCloak στο πλαίσιο αποκλειστικά των ερευνητικών μας σκοπών και με τα κατάλληλα εχέγγυα, όπως περιγράφεται στη συνέχεια. Τα email εισήχθησαν στην εφαρμογή ανά συγγραφέα (υπάλληλο) με αυτοματοποιημένο τρόπο με τη χρήση ενός script. Επιλέχθηκαν τα απεσταλμένα email καθώς ήταν μοναδικά για κάθε υπάλληλο και αφαιρέθηκαν τα email που περιείχαν προωθήσεις και απαντήσεις έτσι ώστε να μην ληφθούν υπόψη τα περιλαμβανόμενα μηνύματα των άλλων υπαλλήλων.

Τα άρθρα (blog posts) προήρθαν από το Blog Authorship Corpus (BAC) [17] με άδεια για χρήση μόνο για ερευνητικούς σκοπούς. Το BAC περιλαμβάνει πραγματικά κείμενα από 19.320 bloggers που συγκεντρώθηκαν από τον ιστότοπο blogger.com τον Αύγουστο του 2004. Ένα υποσύνολο

του BAC χρησιμοποιήθηκε για το corpus των blog posts της εφαρμογής ShadowCloak. Η εισαγωγή στην εφαρμογή έγινε με αυτοματοποιημένο τρόπο με τη χρήση ενός script, αφού αφαιρέθηκαν τα μη απαραίτητα μεταδεδομένα, όπως το φύλο των συγγραφέων, η ηλικία τους, η θεματολογία του άρθρου, κ.α..

Τέλος, οι αναρτήσεις κοινωνικής δικτύωσης προήρθαν από το Twitter US Airline Sentiment (TUAS) dataset (github.com/ashutoshmakone/Twitter-US-Airline-Sentiment-classification), το οποίο είναι μια συλλογή από πραγματικές αναρτήσεις στην πλατφόρμα κοινωνικής δικτύωσης twitter οι οποίες αναρτήθηκαν και συλλέχθηκαν το Φεβρουάριο του 2015 και αναφέρονται σε αεροπορικές εταιρείες. Η συλλογή αυτή παρέχεται με άδεια για χρήση μόνο για μη κερδοσκοπικούς ερευνητικούς σκοπούς. Ένα υποσύνολο του TUAS χρησιμοποιήθηκε για το corpus των social media posts της εφαρμογής ShadowCloak. Η εισαγωγή στην εφαρμογή έγινε με αυτοματοποιημένο τρόπο με τη χρήση ενός script, αφού αφαιρέθηκαν τα μη απαραίτητα μεταδεδομένα, ειδικοί χαρακτήρες όπως τα emoticons αλλά και τα hashtags τα οποία είναι επαναλαμβανόμενα και θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

4.3.4 Η επεξεργασία των δεδομένων

Αφού συλλέχθηκαν τα παραπάνω δεδομένα, ακολούθησε μια διαδικασία φιλτραρίσματος έτσι ώστε να αποθηκευτεί μόνο το περιεχόμενο των κειμένων και τα απολύτως απαραίτητα μεταδεδομένα όπως ο συγγραφέας, η κατηγορία, κ.ο.κ.. Ένα δεύτερο φιλτράρισμα έγινε στο περιεχόμενο έτσι ώστε να απομακρυνθούν ειδικοί χαρακτήρες, χαρακτήρες μορφοποίησης, email headers, emoticons, hashtags, κ.α.. Έπειτα ακολούθησε όπου χρειάστηκε η απαραίτητη μετατροπή στη δομή των δεδομένων έτσι ώστε να αποθηκευτούν στη βάση δεδομένων με ενιαίο τρόπο. Κατά αυτό τον τρόπο δημιουργήθηκαν τα corpus για κάθε κατηγορία μελέτης.

Πέρα από την αρχική επεξεργασία προ της εισαγωγής των κειμένων, έγινε και μια απαραίτητη επεξεργασία στις λέξεις που απαρτίζουν τα features του κάθε corpus έτσι ώστε να αποφευχθεί αλλοίωση των αποτελεσμάτων. Με τη χρήση της βιβλιοθήκης Natural Language Toolkit (NLTK) της Python, η οποία αποτελεί μια πολύ ευρεία βιβλιοθήκη με εργαλεία για την επεξεργασία φυσικής γλώσσας (NLP), τα κείμενα χωρίστηκαν σε μια συλλογή από tokens (λέξεις) οι οποίες αποτελούταν από τις λέξεις των κειμένων σε πεζά γράμματα, χωρίς τα σημεία στίξης και άλλους μη αλφαριθμητικούς χαρακτήρες. Η ίδια βιβλιοθήκη χρησιμοποιήθηκε και για την εύρεση της συχνότητας εμφάνισης των πιο συχνών λέξεων σε κάθε corpus.

4.4 Αποτελέσματα

Κατόπιν της ολοκλήρωσης της ανάπτυξης του συστήματος ShadowCLOak, ακολούθησε η διενέργεια ενός συνόλου πειραμάτων για την εκτίμηση των δυνατοτήτων της στυλομετρίας στην ταυτοποίηση προσώπων, ανάλογα την περίπτωση χρήσης.

4.4.1 Η κατηγορία των βιβλίων

Το πρώτο σενάριο δοκιμών αφορούσε στην ταυτοποίηση μέσω του τρόπου γραφής του συγγραφέα σε λογοτεχνικά βιβλία. Σύμφωνα με τις υπάρχουσες έρευνες, το ποσοστό επιτυχίας σε τέτοιου είδους κείμενα είναι υψηλό καθώς υπάρχει αρκετά μεγάλος όγκος δεδομένων από το οποίο καθορίζεται το στυλ του κάθε συγγραφέα, μεγάλος όγκος δεδομένων για τον καθορισμό του στυλ του ανώνυμου κειμένου αλλά ακόμα πιο σημαντικά, τα λογοτεχνικά βιβλία είναι γραμμένα με ένα αυστηρό τρόπο που αντανακλά πλήρως τον τρόπο έκφρασης του ατόμου, καθώς έχει δοθεί προσοχή στην σωστή ανάπτυξη του λόγου και τα συντακτικά και γραμματικά λάθη σπανίζουν.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση αναλύθηκαν τα στυλ τριών διαφορετικών συγγραφέων. Για κάθε συγγραφέα, εισήχθησαν τέσσερα βιβλία του στη βάση δεδομένων της εφαρμογής για την εκμείωση του τρόπου γραφής του καθενός και άλλα τέσσερα διαφορετικά βιβλία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ως ανώνυμα κείμενα με σκοπό την ταυτοποίηση του προσώπου που τα έγραψε.

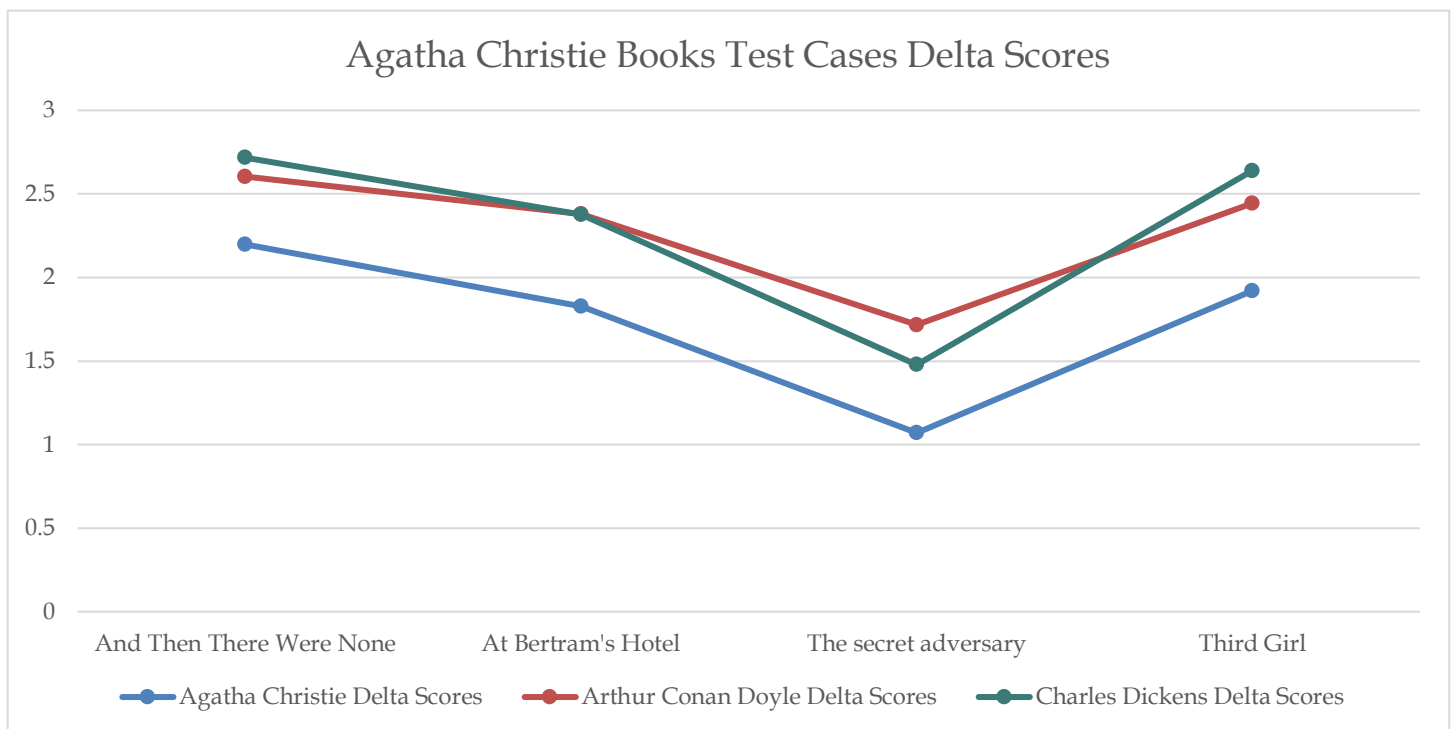
Agatha Christie	Arthur Conan Doyle	Charles Dickens
Poirot Investigates	Adventures of Sherlock Holmes	A Christmas Carol
The Man in The Brown Suit	Tales of Terror and Mystery	Bleak House
The Murder on The Links	The Hound of The Baskervilles	David Copperfield
The Mysterious Affair at Styles	The Lost World	David Copperfield

Πίνακας 1: Τα βιβλία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση του στυλ των συγγραφέων

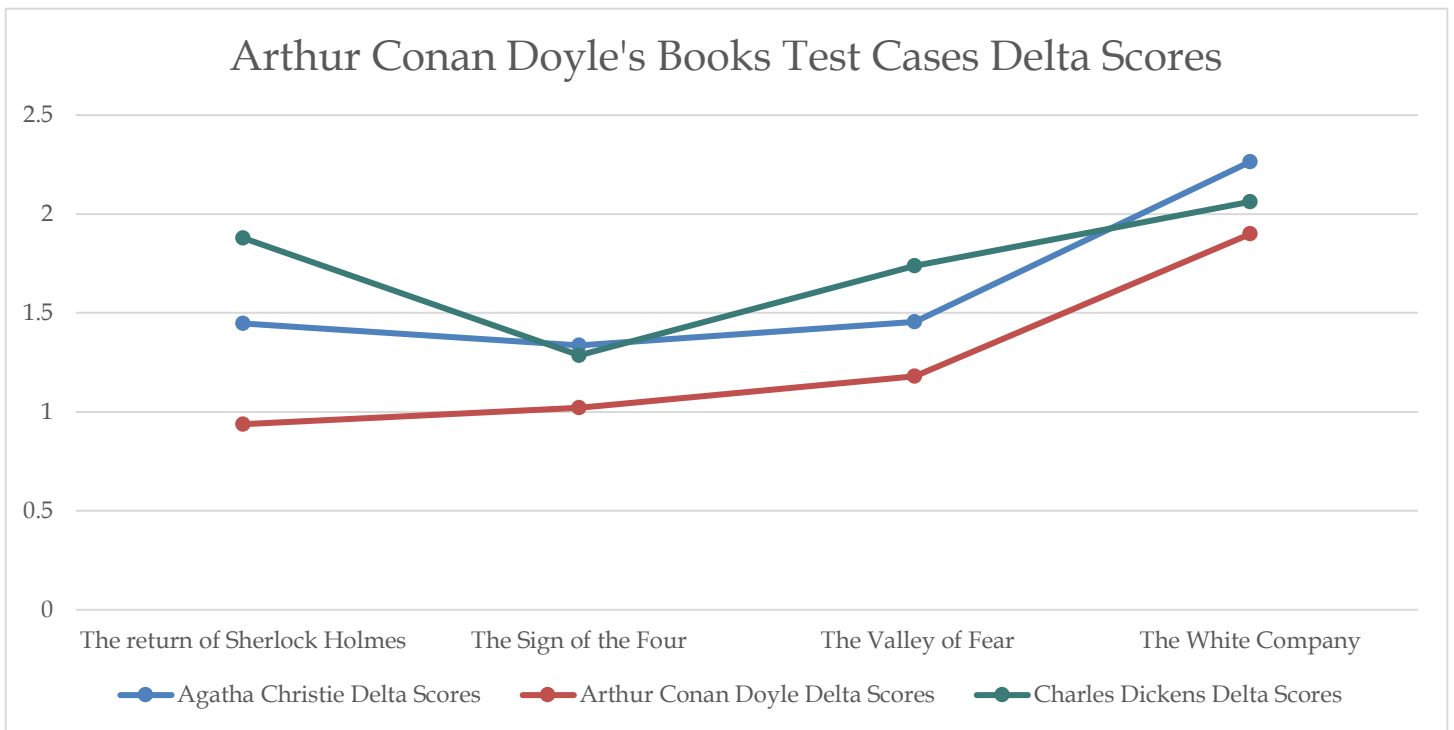
Agatha Christie	Arthur Conan Doyle	Charles Dickens
And Then There Were None	The return of Sherlock Holmes	Dombey and Son
At Bertram's Hotel	The Sign of the Four	The Mystery of Edwin Drood
The secret adversary	The Valley of Fear	The old Curiosity shop
Third Girl	The White Company	The Chimes

Πίνακας 2: Τα βιβλία που χρησιμοποιήθηκαν για ταυτοποίηση του συγγραφέα τους

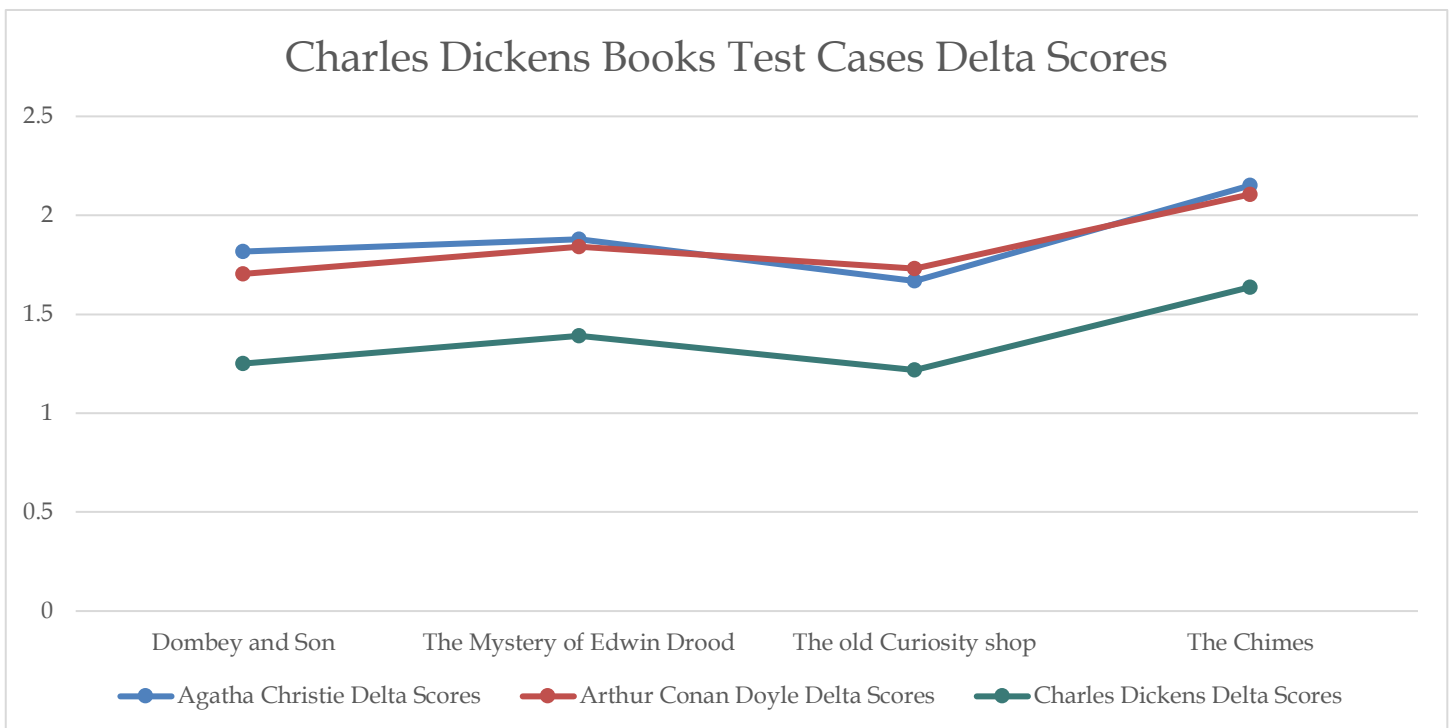
Στο σύνολο τους λοιπόν πραγματοποιήθηκαν δώδεκα τεστ, τέσσερα για κάθε έναν από τους τρεις συγγραφείς. Το ποσοστό επιτυχημένης ταυτοποίησης του συγγραφέα από το στυλομετρικό σύστημα ShadowCloak ήταν 100%. Επιτεύχθηκε ορθή ταυτοποίηση σε κάθε άγνωστο βιβλίο από τα δεκαέξι, ενώ η απόκλιση των Delta Scores ήταν καθοριστική. Παρακάτω δίνονται τα Delta Scores των μετρήσεων αυτών ανά συγγραφέα.



Γράφημα 1: Τα Delta Scores για τα test cases που ανήκουν στην Agatha Christie



Γράφημα 2: Τα Delta Scores για τα test cases που ανήκουν στον Arthur Conan Doyle



Γράφημα 3: Τα Delta Scores για τα test cases που ανήκουν στον Charles Dickens

Όπως ήταν αναμενόμενο, το ποσοστό για την ταυτοποίηση προσώπων στην κατηγορία των βιβλίων ήταν πολύ υψηλό. Τα αποτελέσματα αυτά βοήθησε στην απόδειξη της αποτελεσματικότητας της στυλομετρίας. Αν και η ανακάλυψη άγνωστου συγγραφέα ενός βιβλίου μάλλον δεν εγείρει ζητήματα ιδιωτικότητας (όντας σπάνιο ένας γνωστός συγγραφέας βιβλίου να θέλει να διατηρήσει την ανωνυμία του), εν τούτοις ήδη από αυτά τα αποτελέσματα γεννώνται προβληματισμοί ως προς την αναγνώριση συγγραφέων κειμένων οι οποίοι επιθυμούν να διατηρήσουν την ανωνυμία τους. Βέβαια, το μεγαλύτερο μέρος των πληροφοριών στο διαδίκτυο αποτελείται από μικρότερα και λιγότερα δομημένα κείμενα. Θα πρέπει επομένως να εξεταστεί η αποδοτικότητα και στις άλλες κατηγορίες κειμένων που συναντώνται συχνότερα στην καθημερινότητα του μέσου χρήστη.

4.4.2 Η κατηγορία των Blog Posts

Η επόμενη κατηγορία μετρήσεων αφορά το corpus των blog posts. Κατά τον ίδιο τρόπο με τα βιβλία, συλλέχθηκαν 20 άρθρα από τρεις διαφορετικούς αρθρογράφους τα οποία σχετίζονται με το χώρο της ασφάλειας πληροφοριών. Τα άρθρα αυτά αντλήθηκαν από τις δημοφιλείς ιστοσελίδες του χώρου <https://thehackernews.com/> και <https://www.infosecurity-magazine.com/>. Η συλλογή πραγματικών άρθρων όμοιας θεματολογίας, προσδίδει έναν επιπλέον βαθμό δυσκολίας στην ταυτοποίηση του συγγραφέα, πράγμα που αντανακλά την πραγματική εικόνα για τις δυνατότητες και την αποδοτικότητα ενός στυλομετρικού συστήματος. Για την κατηγορία των blog spots τελικά δε χρησιμοποιήθηκε το Blog Authorship Corpus, διότι η ποιότητα και η ομοιογένεια των δεδομένων που περιείχε δεν ήταν επαρκής για την εξαγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Τα ονόματα των συγγραφέων έχουν αντικατασταθεί με ψευδώνυμα, στο πλαίσιο της αρχής ελαχιστοποίησης των δεδομένων.

As25gC	3Nb23FVAc	V2NH56A
Portland Issues Sweeping Ban On All Facial Recognition Use	Google Will Use 'Floc' For Ad Targeting Once 3Rd-party Cookies Are Dead	Razer Gaffe Exposes Customer Data
Ransomware The Biggest Cause Of Insurance Claims In 1H 2020	Ceo Of Encrypted Chat Platform Indicted For Aiding Organised Criminals	Us Court Documents Published In Ransomware Attack
Microsoft: Russia, China And Iran Attack Us Presidential Campaigns	Another Google Chrome 0-Day Bug Found Actively Exploited In-the-wild	Political Disruptor Charged With Wire Fraud Conspiracy
Healthcare Smes Get Government Security Spending Boost	Researchers Spotted Malware Written In Nim Programming Language	Chinese Ambassador's Twitter Account "Hacked"
Eterbase Crypto-exchange Hit In \$5M	Hackers Are Targeting Microsoft	Ripple20 A Major Threat

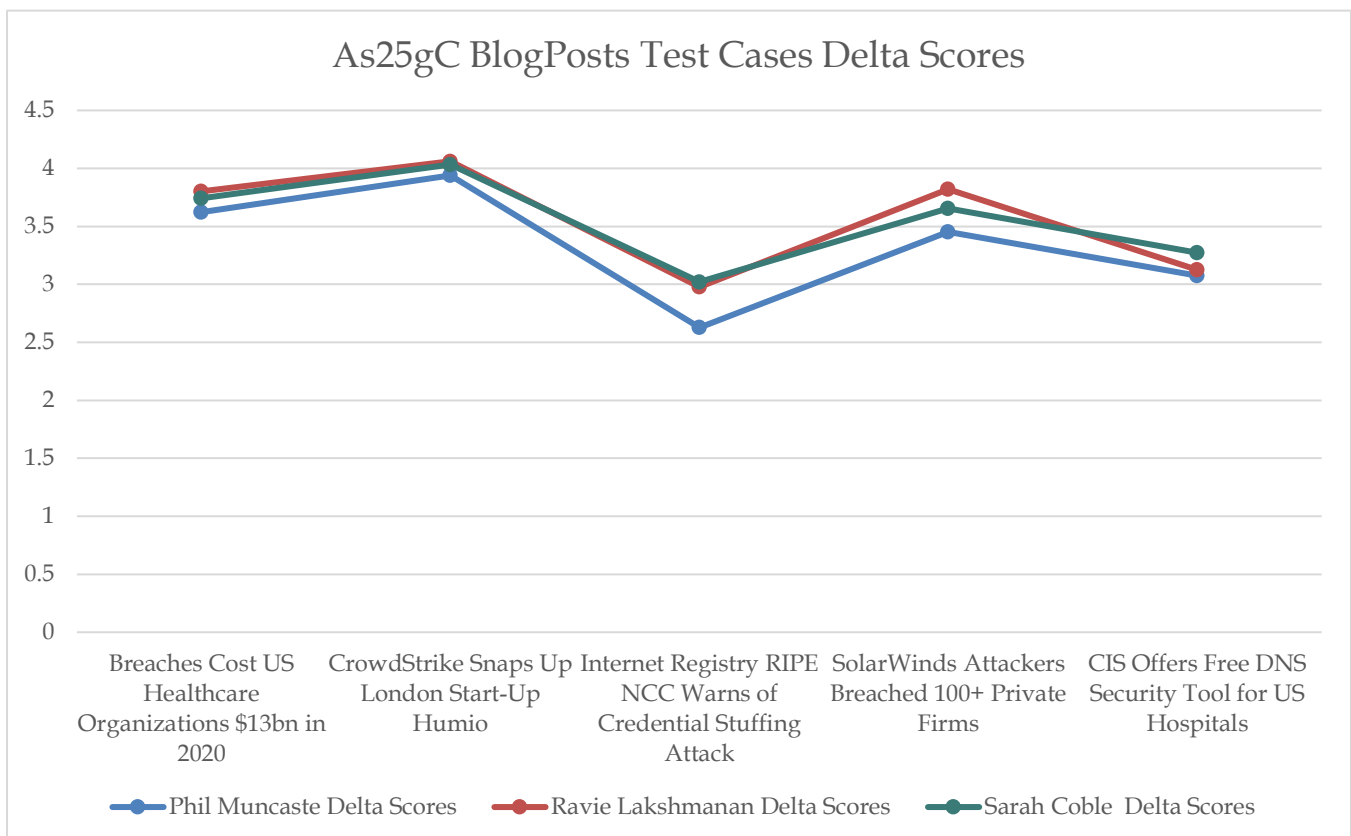
Heist	Exchange Servers With Ransomware	
Uber And Lyft Pool Driver Info To Boost Passenger Safety	Critical Pre-auth Rce Flaw Found In F5 Big-ip Platform — Patch Asap!	Vulnerable Australian Kids Impacted By Data Breach editdelete_outline
Encrypted Comms Ceo Indicted In Drug Trafficking Conspiracy	Researchers Unveil New Linux Malware Linked To Chinese Hackers	Ovh Data Center Fire Impacts Cyber-criminals
Exchange Exploit Attempts Surge Sixfold As Ransomware Lands	Fin8 Hackers Return With More Powerful Version Of Badhatch Pos Malware	Judge Upholds Privacy Lawsuit Against Google
Darkside 2.0 Ransomware Promises Fastest Ever Encryption Speeds	Microsoft Issues Security Patches For 89 Flaws — Ie 0-Day Under Active Attacks	Settlement Reached Over Data Breach Impacting 24 Million Americans
Encrypted Comms Firm Denies Police Cracked User Messages	9 Android Apps On Google Play Caught Distributing Alienbot Banker And Mrat Malware	Utah Company Stored Passport Scans On Unsecured Server
Molson Coors Suffers Suspected Ransomware Attack	Solarwinds Hack — New Evidence Suggests Potential Links To Chinese Hackers	Apple Sues Employee For Stealing Trade Secrets
Third Of Office Workers Warned After Sharing Data Via Unofficial Apps	Microsoft Exchange Hackers Also Breached European Banking Authority	School Boss Resigns After Porn Found On Computer
Record Number Of Cyber-incidents Hit Us Schools In 2020	Apple Issues Patch For Remote Hacking Bug Affecting Billions Of Its Devices	Another 210,000 Americans Affected By Netgain Ransomware Attack
Ransomware “Paralyzes” Spanish Employment Agency	Iranian Hackers Using Remote Utilities Software To Spy On Its Targets	Trans Tracking Plugin Reported To Norwegian Authorities
Most Threat Analysts Banned From Sharing Intel With Peers	Malware Can Exploit New Flaw In Intel Cpus To Launch Side-channel Attacks	Superstar K-pop Band’s Tiktok Hacked
Exposed Password Gave Hackers Access To 150,000 Cameras	Microsoft Exchange Cyber Attack — What Do We Know So Far?	Romance Fraudster Who Conned Jenifer Lewis Jailed
Microsoft Expands Coverage Of Exchange Server Patches	Bug In Apple’s Find My Feature Could’ve Exposed Users’ Location Histories	American Companies Not Taking Cybersecurity Seriously
10 Google Play Apps Found Containing Banking Malware	Mazafaka – Elite Hacking And Cybercrime Forum – Got Hacked!	Arkansas Bill Addresses “Unfair” Social Media Censorship
Darpa Ramps-up Fhe Encryption Project With Intel	Researchers Find 3 New Malware Strains Used By Solarwinds Hackers	Vodafone Calls For New Cybersecurity Policies To Help SMEs
Ncsc: Don’t Fall For Mother’s Day Scams This Week	Cisa Issues Emergency Directive On In-the-wild Microsoft Exchange Flaws	Breach Clarity Acquired By Sontiq

Πίνακας 3: Τα blog posts που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση του στυλ των συγγραφέων

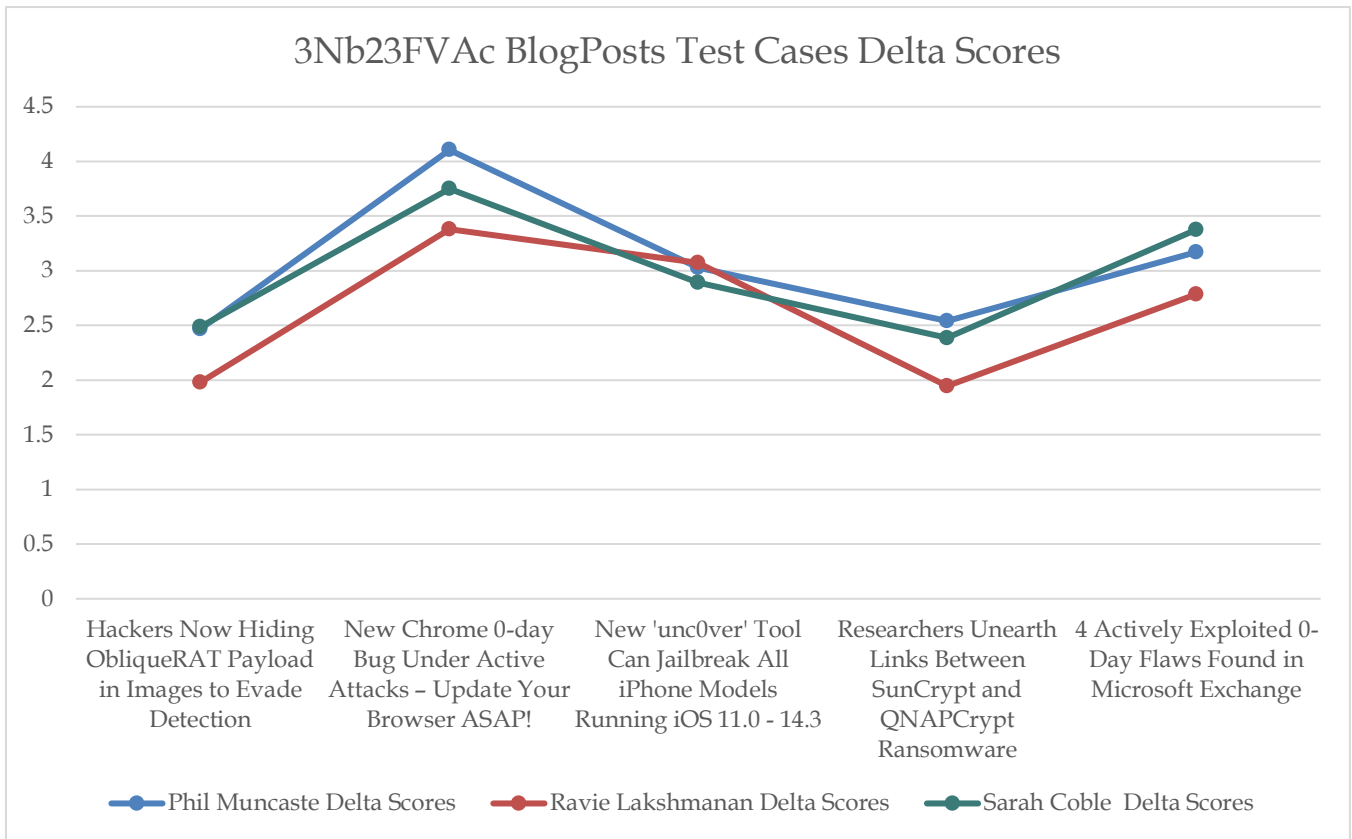
As25gC	3Nb23FVAc	V2NH56A
Breaches Cost US Healthcare Organizations \$13bn in 2020	Hackers Now Hiding ObliqueRAT Payload in Images to Evade Detection	California DMV Halts Data Transfers After Vendor Breach
CrowdStrike Snaps Up London Start-Up Humio	New Chrome 0-day Bug Under Active Attacks – Update Your Browser ASAP!	Kia Denies Ransomware Attack
Internet Registry RIPE NCC Warns of Credential Stuffing Attack	New 'unc0ver' Tool Can Jailbreak All iPhone Models Running iOS 11.0 - 14.3	Six Alabamans Charged in \$7m Virtual Schools Fraud
SolarWinds Attackers Breached 100+ Private Firms	Researchers Unearth Links Between SunCrypt and QNAPCrypt Ransomware	Software Firm Owner Admits Fraud and CSAM Possession
CIS Offers Free DNS Security Tool for US Hospitals	4 Actively Exploited 0-Day Flaws Found in Microsoft Exchange	US Arrests Six Alleged Cyber-Scam Money Launderers

Πίνακας 4: Τα blog posts που χρησιμοποιήθηκαν για ταυτοποίηση του συγγραφέα τους

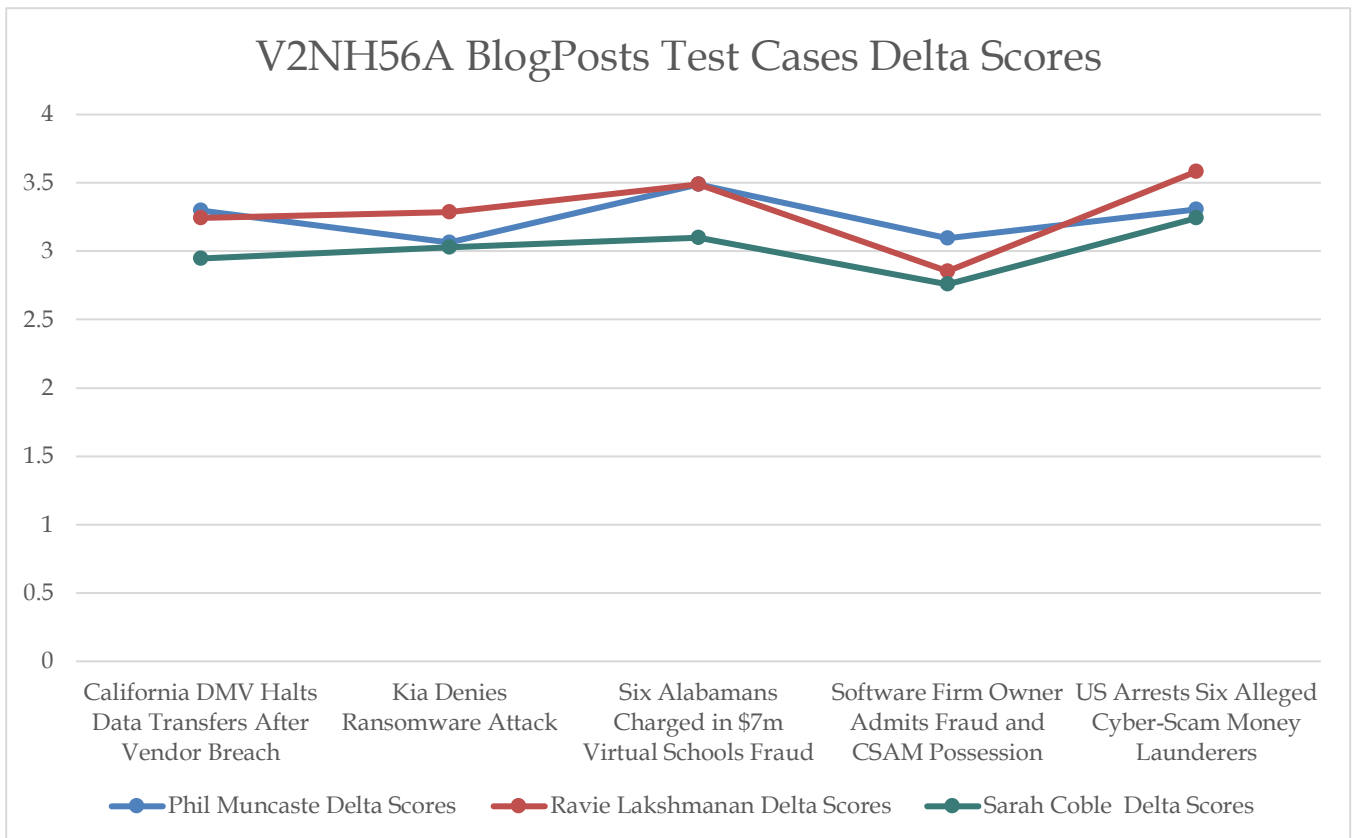
Τα παρακάτω γραφήματα αναπαριστούν τα delta scores για όλα τα ανώνυμα κείμενα χωρισμένα ανά συγγραφέα. Έγιναν δοκιμές για δεκαπέντε συνολικά κείμενα άγνωστου συγγραφέως και το ποσοστό επιτυχημένης ταυτοποίησης προσέγγισε το 93.3%. Ουσιαστικά μόνο ένα από τα κείμενα ταυτοποιήθηκε λανθασμένα.



Γράφημα 4: Τα Delta Scores για τα test cases που ανήκουν στον As25gC



Γράφημα 5: Τα Delta Scores για τα test cases που ανήκουν στον 3Nb23FVAc



Γράφημα 6: Τα Delta Scores για τα test cases που ανήκουν στη V2NH56A

Από ότι μπορούμε να συμπεράνουμε, το συγκεκριμένο στυλομετρικό σύστημα αποδεικνύεται ιδιαίτερα επιτυχές και στην περίπτωση των blog posts. Παρατηρώντας τις τιμές των Delta Scores και συγκρίνοντας τις αποκλίσεις τους με τις αντίστοιχες της κατηγορίας των βιβλίων, παρατηρούμε πως παρόλη την επιτυχημένη ταυτοποίηση, οι τιμές των Delta Score είναι πολύ κοντά μεταξύ τους. Αυτό είναι αναμενόμενο καθώς σε αυτή την περίπτωση υπήρχε πολύ μικρότερος όγκος γνωστών δεδομένων αλλά και πολύ μικρότερο μήκος του υπό ταυτοποίηση κειμένου. Τα άρθρα που επιλέχθηκαν ήταν εσκεμμένα μικρά στο μέγεθος, γύρω στις 250 – 300 λέξεις, έτσι ώστε να προδώσουν έναν μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας και παράλληλα ρεαλισμού στα πειραματικές μετρήσεις. Μια άλλη συνιστώσα που επηρέασε την απόκλιση των Delta Scores είναι η σχετικά πιο συγκεκριμένη δομή που περιεχόταν σε αυτά τα σύντομα ειδησεογραφικά άρθρα, όπου ο συγγραφέας δεν είχε την ελευθερία έκφρασης που θα είχε στην περίπτωση ενός λογοτεχνικού βιβλίου. Τέλος, επιλέχθηκαν άρθρα από δύο ιστοσελίδες με όμοια θεματολογία και λεξιλόγιο, έτσι ώστε η διαφορά στο λεξιλόγιο να μην παίξει κάποιο ρόλο στη διαφοροποίηση των στυλ, αλλά αυστηρά και μόνο ο τρόπος έκφρασης του συγγραφέα.

Παρόλα αυτά, μπορεί να ειπωθεί πως οι στυλομετρικές μέθοδοι ταυτοποίησης λειτουργούν κατά κανόνα πολύ καλά και στην ταυτοποίηση ανώνυμων blog posts, ακόμα και όταν αυτά έχουν μικρό μέγεθος και πραγματεύονται το ίδιο θέμα. Ακόμα και στην περίπτωση της μίας αποτυχημένης ταυτοποίησης, όταν επαναλήφθηκε η δοκιμή χρησιμοποιώντας ως ανώνυμο κείμενο το ίδιο κείμενο σε συνδυασμό με κάποιο από τα άλλα ανώνυμα κείμενα του ίδιου συγγραφέα, η ταυτοποίηση ήταν επιτυχής. Το γεγονός αυτό δείχνει πως ακόμα κι αν το υπό αμφισβήτηση κείμενο είναι πολύ μικρό ή δεν έχει συγκεκριμένο στυλ, ο συνδυασμός του με άλλα κείμενα της ίδιας πηγής λειτουργεί αθροιστικά υποβοηθώντας έτσι την επιτυχημένη και καθοριστική ταυτοποίηση.

Με βάση τα παραπάνω μπορεί να ειπωθεί πως η στυλομετρία αποτελεί πραγματική απειλή για την ιδιωτικότητα δημοσιογράφων, whistleblowers, αρθρογράφων, ανθρώπων οι οποίοι ανεβάζουν άρθρα στο διαδίκτυο εκφράζοντας με ελευθερία την άποψη τους, χρηστών ανώνυμων κοινωνικών δικτύων οι οποία αναρτούν κείμενα αυτού του μεγέθους, κ.ο.κ..

4.4.3 Η κατηγορία των Emails

Η επόμενη κατηγορία αφορά ένα μέσο το οποίο χρησιμοποιεί καθημερινά η πλειονότητα του ανθρώπων, το email. Με τη χρήση ενός υποσυνόλου του corpus Enron, μεγέθους 32 συγγραφέων και εκατοντάδων email, πραγματοποιήθηκαν διαφορετικά σενάρια αποτίμησης της αποτελεσματικότητας της στυλομετρίας.

Τα email, ειδικά αυτά που χρησιμοποιούνται ως ενδοεπικοινωνία μεταξύ των στελεχών μια εταιρείας, από τη μία δεν επιτρέπουν ιδιαίτερη ελευθερία έκφρασης και από την άλλη έχουν συνήθως πολύ μικρό μέγεθος. Πράγματι, στο corpus με τα email της Enron, η πλειονότητα των emails είχε μέγεθος λίγων προτάσεων, λίγων λέξεων, ή ήταν ακόμα και μονολεκτικά! Αυτό κάνει την εξαγωγή του τρόπου έκφρασης πολύ δύσκολη και για το λόγο αυτό παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η διερεύνηση της ικανότητας του παρόντος στυλομετρικού συστήματος να προβεί σε ταυτοποίηση του συγγραφέα.

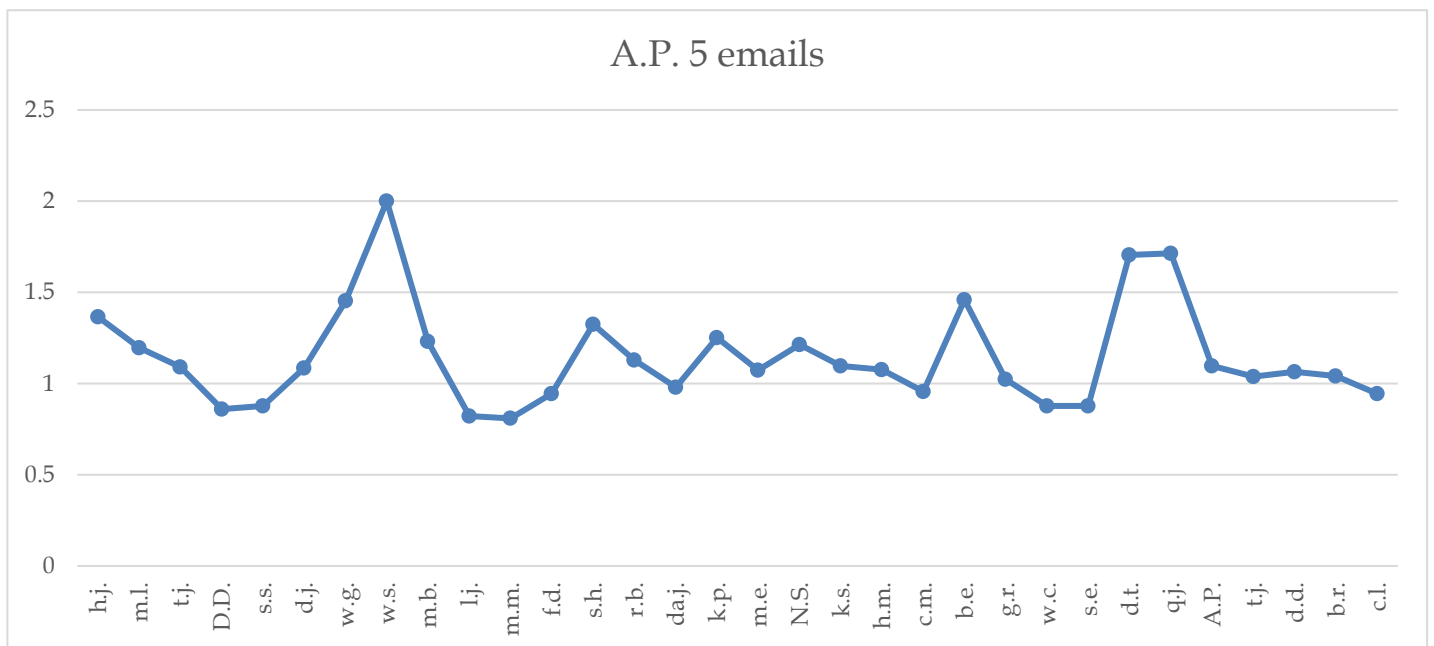
Για να αντισταθμιστεί το πρόβλημα του μικρού αριθμού των λέξεων των emails, ακολουθήθηκε μια διαφορετική μέθοδος μέτρησης. Επιλέχθηκαν τυχαία τρεις συγγραφείς, για καθένα από τους οποίους δημιουργήθηκαν τρία κείμενα. Το πρώτο κείμενο περιείχε πέντε από τα email του εκάστοτε συγγραφέα, το δεύτερο δέκα και το τρίτο κείμενο δεκαπέντε. Με αυτό τον τρόπο επιχειρήθηκε η μέτρηση του ποσοστού επιτυχημένης ταυτοποίησης σε συνάρτηση με το μέγεθος του άγνωστου κειμένου (πλήθος των emails).

Επίσης, μέσω αυτής της μεθόδου μετρήσεων, επιχειρήθηκε η απάντηση στο ερώτημα αν η αύξηση του κειμένου μπορεί να αντισταθμίσει την έλλειψη ξεκάθολου τρόπου γραφής. Τέλος για να αποτιμηθεί και η επίδραση του πλήθους των γνωστών συγγραφέων στο ποσοστό επιτυχημένης ταυτοποίησης, έγιναν τα ίδια πειράματα αλλά σε ένα υποσύνολο του corpus το οποίο περιείχε μόνο τους τρεις συγγραφείς στους οποίους ανήκαν τα κείμενα των δοκιμών, παρόμοια με το σενάριο των δύο προηγούμενων κατηγοριών.

Οι τρεις συγγραφείς που επιλέχθηκαν ήταν οι A.P., D.D. και N.S. Για κάθε έναν από αυτούς λοιπόν μετρήθηκαν τα Delta Scores και των 32 συγγραφέων όλων των emails, για κάθε μία από τις τρεις κατηγορίες μεγέθους άγνωστου κειμένου (5, 10, 15 emails). Τα ονόματα των συγγραφέων έχουν αντικατασταθεί με ψευδώνυμα, στο πλαίσιο της αρχής ελαχιστοποίησης των δεδομένων. Παρακάτω ακολουθούν οι μετρήσεις για τα κείμενα που συντέθηκαν από τα 5 email του κάθε συγγραφέα.

A.P. (text from 5 emails)			
Authors	Delta Scores	Authors	Delta Scores
h.j.	1,366	m.e.	1,074
m.l.	1,197	N.S.	1,213
t.j.	1,091	ks.	1,096
D.D.	0,861	h.m.	1,077
ss.	0,876	c.m.	0,955
d.j.	1,086	b.e.	1,46
w.g.	1,455	g.r.	1,025
w.s.	2,000	w.c.	0,876
m.b.	1,231	s.e.	0,876
l.j.	0,822	d.t.	1,705
m.m.	0,809	q.j.	1,714
fd.	0,946	A.P.	1,098
s.h.	1,325	t.j.	1,037
r.b.	1,129	d.d.	1,066
daj.	0,979	b.r.	1,04
kp.	1,251	c.l.	0,945

Πίνακας 5: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 5 email του A.P.

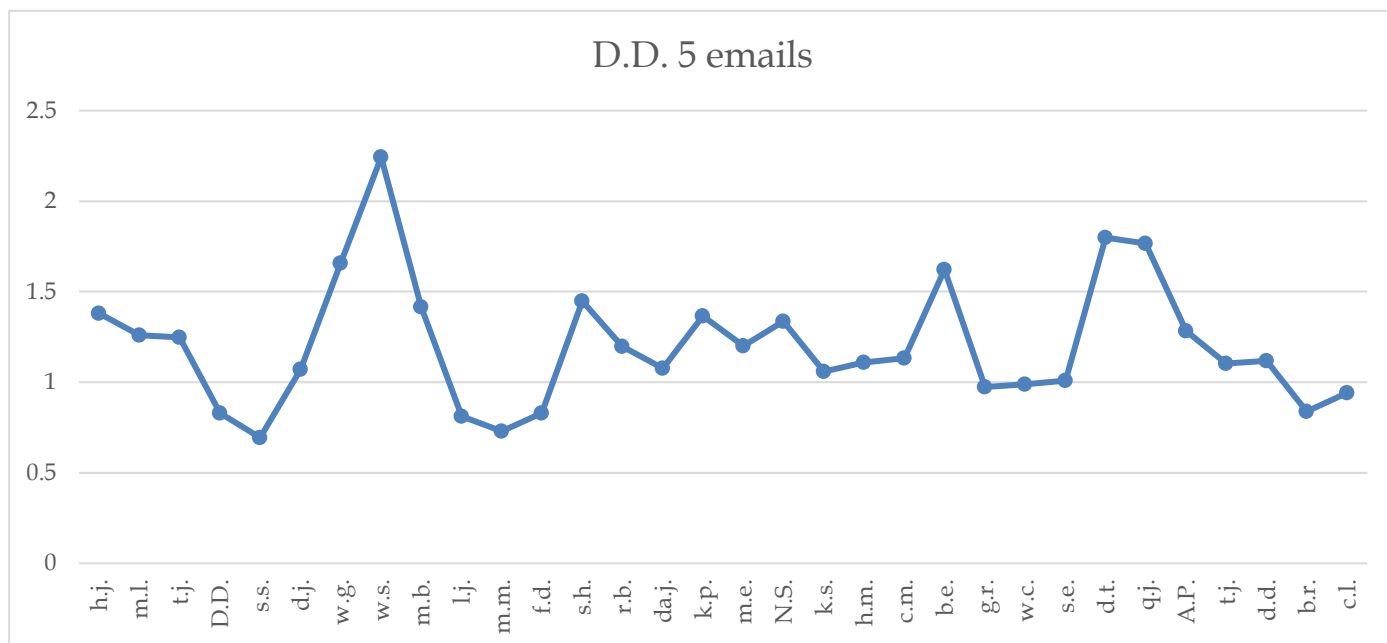


Γράφημα 6: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 5 email του A.P.

Ο Μ.Μ. αναγνωρίστηκε λανθασμένα ως ο συγγραφέας αυτού του κειμένου.

D.D. (text from 5 emails)			
Authors	Delta Scores	Authors	Delta Scores
h.j.	1,379	m.e.	1,2
m.l.	1,259	N.S.	1,337
t.j.	1,248	ks.	1,06
D.D.	0,829	h.m.	1,11
s.s.	0,694	c.m.	1,134
d.j.	1,071	b.e.	1,623
w.g.	1,657	gr.	0,974
w.s.	2,243	w.c.	0,988
m.b.	1,416	se.	1,008
l.j.	0,813	dt.	1,799
m.m.	0,73	qj.	1,767
f.d.	0,828	A.P.	1,282
s.h.	1,448	tj.	1,102
r.b.	1,197	d.d.	1,118
daj.	1,076	br.	0,839
k.p.	1,366	cl.	0,941

Πίνακας 6: Τα Delta Scores για το κείμενο των 5 email της D.D.

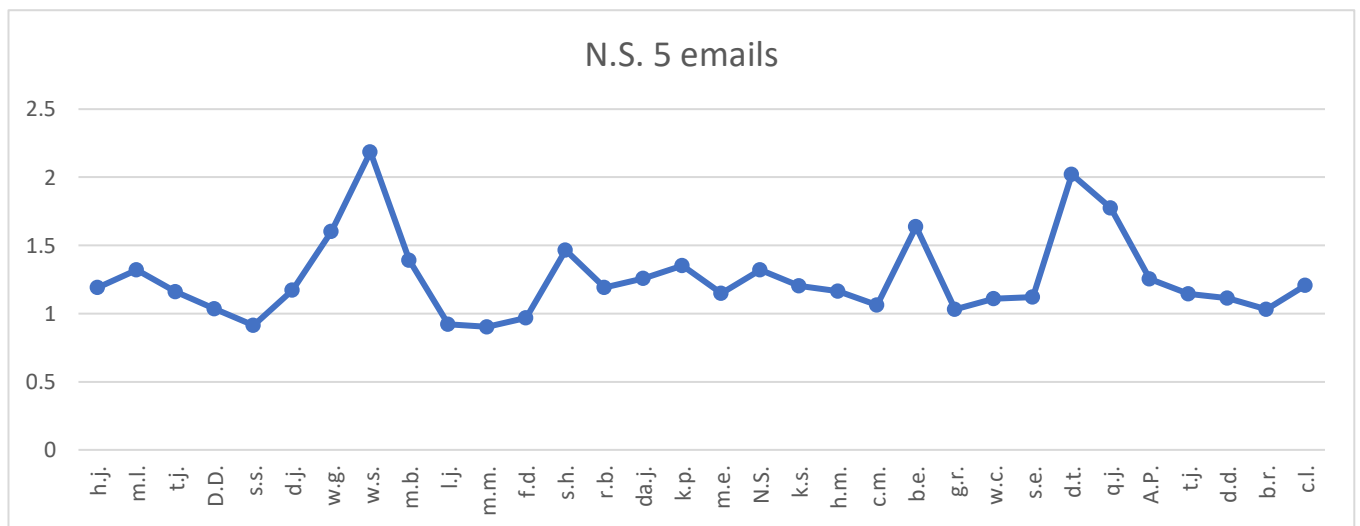


Γράφημα 7: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 5 email της D.D.

Ο S.S. αναγνωρίστηκε λανθασμένα ως ο συγγραφέας αυτού του κειμένου.

N.S. (text from 5 emails)			
Authors	Delta Scores	Authors	Delta Scores
h.j.	1,192	m.e.	1,149
m.l.	1,321	N.S.	1,319
t.j.	1,159	k.s.	1,202
D.D.	1,035	h.m.	1,164
ss.	0,913	c.m.	1,061
d.j.	1,17	b.e.	1,637
w.g.	1,603	g.r.	1,03
w.s.	2,186	w.c.	1,108
m.b.	1,392	s.e.	1,122
l.j.	0,922	d.t.	2,023
m.m.	0,903	q.j.	1,774
f.d.	0,967	A.P.	1,254
s.h.	1,464	t.j.	1,143
r.b.	1,191	d.d.	1,113
d.a.j.	1,256	b.r.	1,032
k.p.	1,351	c.l.	1,206

Πίνακας 7: Τα Delta Scores για το κείμενο των 5 email του N.S.

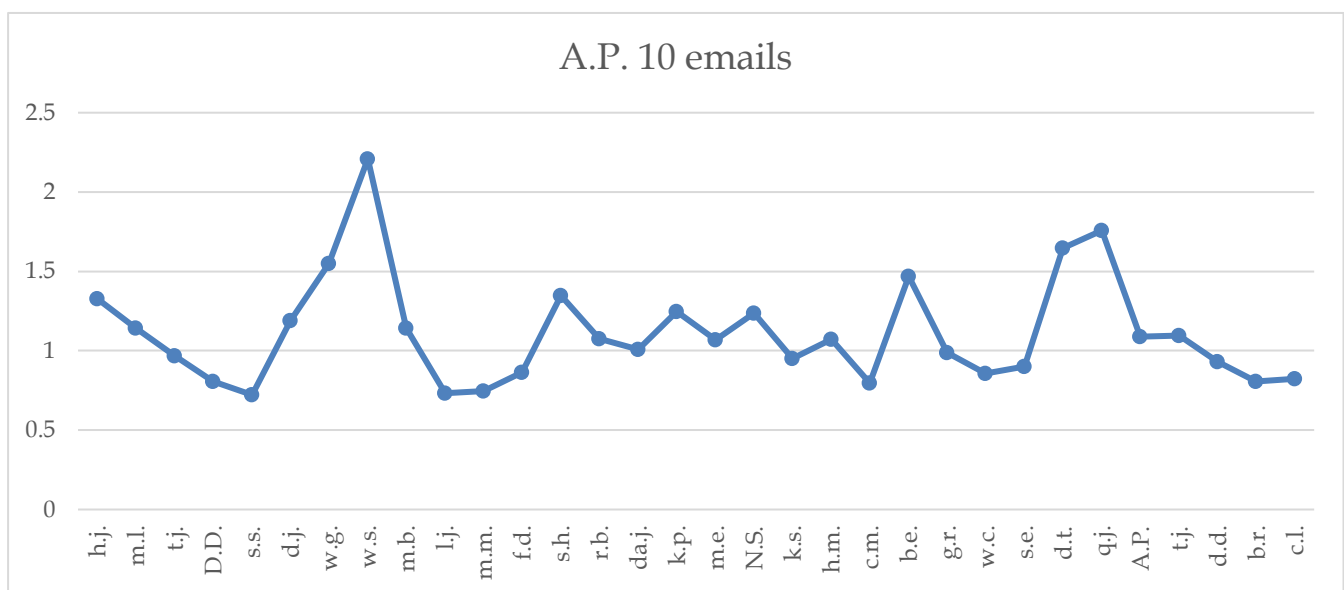


Γράφημα 8: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 5 email του N.S.

Ο Μ.Μ. αναγνωρίστηκε λανθασμένα ως ο συγγραφέας αυτού του κειμένου. Στις μετρήσεις που προηγήθηκαν το στυλομετρικό σύστημα δεν κατάφερε να ταυτοποιήσει επιτυχώς το συγγραφέα των email. Οι επόμενες μετρήσεις αφορούν τα κείμενα που συντέθηκαν από τα 10 email του κάθε συγγραφέα.

A.P. (text from 10 emails)			
Authors	Delta Scores	Authors	Delta Scores
h.j.	1,328	m.e.	1,069
m.l.	1,143	N.S.	1,236
t.j.	0,967	ks.	0,951
D.D.	0,805	h.m.	1,073
ss.	0,722	c.m.	0,797
d.j.	1,19	b.e.	1,47
w.g.	1,55	gr.	0,989
w.s.	2,209	w.c.	0,856
m.b.	1,143	s.e.	0,901
lj.	0,734	d.t.	1,647
m.m.	0,747	qj.	1,757
f.d.	0,864	A.P.	1,088
s.h.	1,348	t.j.	1,096
r.b.	1,074	d.d.	0,93
daj.	1,007	b.r.	0,808
kp.	1,247	c.l.	0,823

Πίνακας 8: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 10 email του A.P.

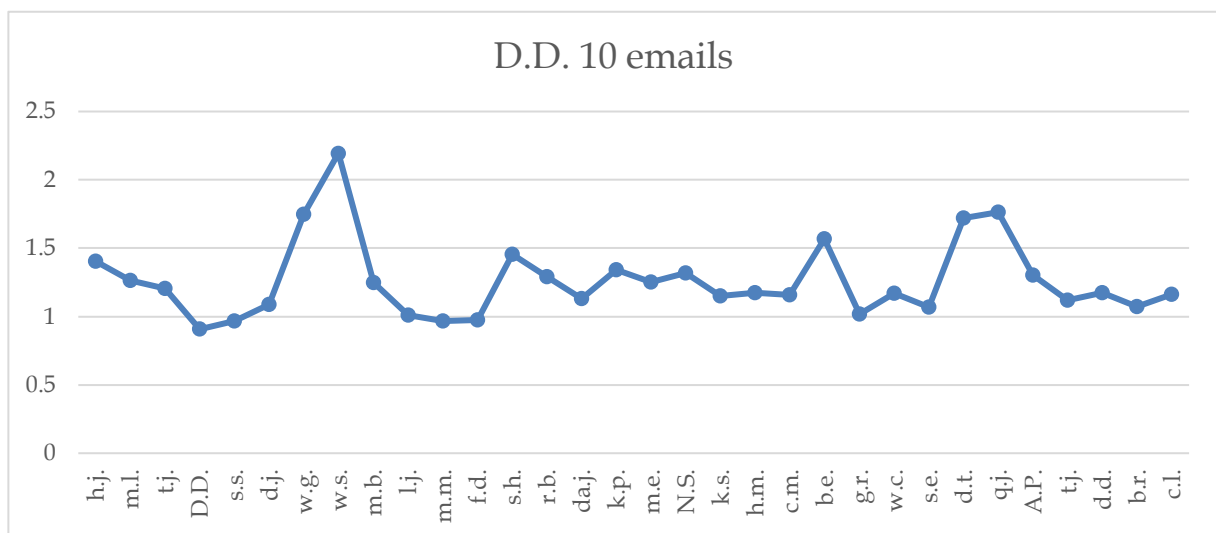


Γράφημα 9: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 10 email του A.P.

Ο S.S. αναγνωρίστηκε λανθασμένα ως ο συγγραφέας αυτού του κειμένου.

D.D. (text from 10 emails)			
Authors	Delta Scores	Authors	Delta Scores
h.j.	1,206	m.e.	1,251
m.l.	0,907	N.S.	1,318
t.j.	0,966	ks.	1,15
D.D.	1,086	h.m.	1,172
s.s.	1,749	c.m.	1,159
d.j.	2,194	b.e.	1,569
w.g.	1,247	gr.	1,016
w.s.	1,008	w.c.	1,17
m.b.	0,966	s.e.	1,069
l.j.	0,975	dt.	1,72
m.m.	1,454	qj.	1,764
f.d.	1,289	A.P.	1,304
s.h.	1,129	tj.	1,12
r.b.	1,341	d.d.	1,173
daj.	1,206	br.	1,073
k.p.	0,907	cl.	1,161

Πίνακας 9: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 10 email της D.D.

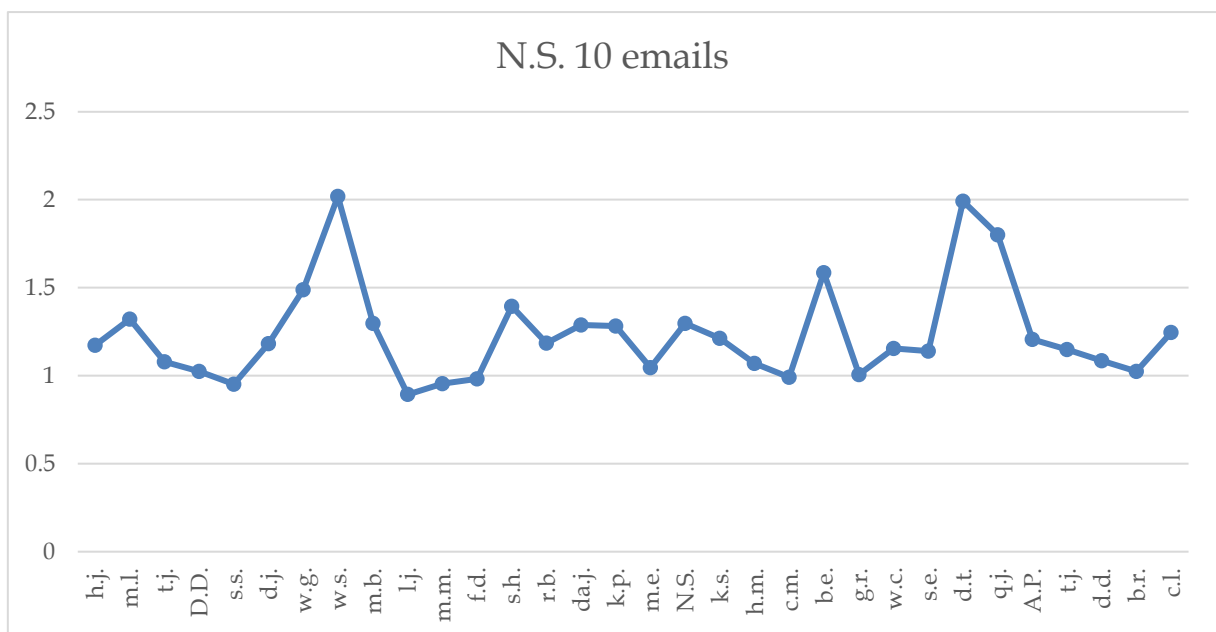


Γράφημα 10: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 10 email της D.D.

Αυτή τη φορά η ταυτοποίηση ήταν επιτυχής για D.D..

<u>N.S. (text from 10 emails)</u>			
Authors	Delta Scores	Authors	Delta Scores
h.j.	1,323	m.e.	1,046
m.l.	1,079	N.S.	1,299
t.j.	1,025	ks.	1,214
D.D.	0,952	h.m.	1,07
s.s.	1,182	c.m.	0,99
d.j.	1,489	b.e.	1,587
w.g.	2,019	gr.	1,008
w.s.	1,298	w.c.	1,155
m.b.	0,893	s.e.	1,139
l.j.	0,955	dt.	1,993
m.m.	0,981	qj.	1,8
f.d.	1,394	A.P.	1,208
s.h.	1,185	tj.	1,15
r.b.	1,289	d.d.	1,086
daj.	1,281	br.	1,025
kp.	1,323	cl.	1,247

Πίνακας 10: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 10 email του N.S.



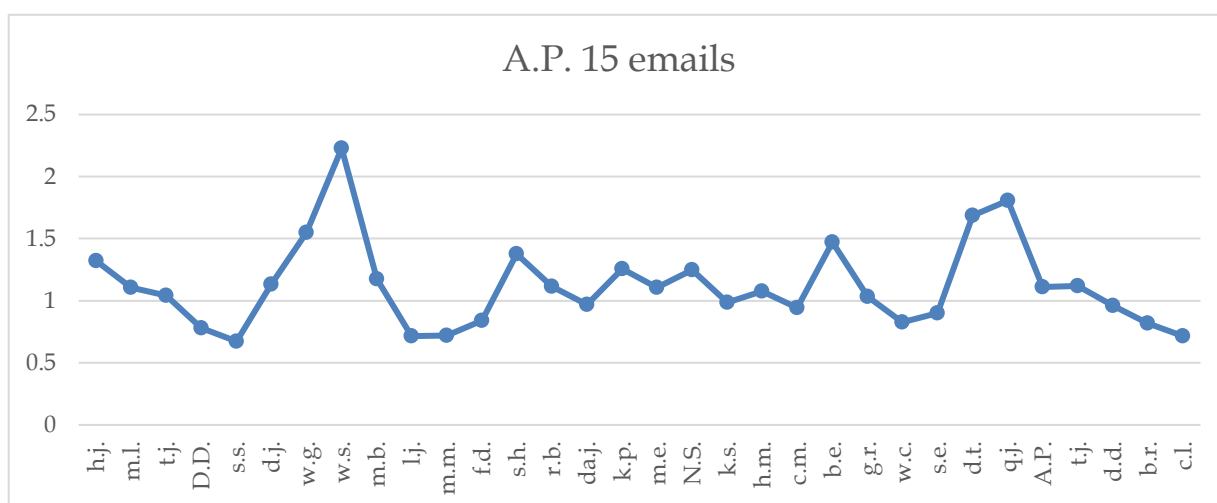
Γράφημα 11: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 10 email του N.S.

Ο L.J. αναγνωρίστηκε λανθασμένα ως ο συγγραφέας αυτού του κειμένου. Στα κείμενα με μεγαλύτερο μέγεθος η μία ταυτοποίηση ήταν επιτυχής. Παρόλα αυτά, για να εξακριβωθεί αν

όντως το ποσοστό ταυτοποίησης επηρεάζεται σημαντικά από το μέγεθος του κειμένου, θα ακολουθήσουν και τα περαιτέρω πειράματα για την κατηγορία των 15 email ανά χρήστη.

A.P. (text from 15 emails)			
Authors	Delta Scores	Authors	Delta Scores
h.j.	1,328	m.e.	1,069
m.l.	1,143	N.S.	1,236
t.j.	0,967	ks.	0,951
D.D.	0,805	h.m.	1,073
ss.	0,722	c.m.	0,797
d.j.	1,19	b.e.	1,47
w.g.	1,55	gr.	0,989
w.s.	2,209	w.c.	0,856
m.b.	1,143	s.e.	0,901
l.j.	0,734	d.t.	1,647
m.m.	0,747	qj.	1,757
f.d.	0,864	A.P.	1,088
s.h.	1,348	t.j.	1,096
r.b.	1,074	d.d.	0,93
daj.	1,007	b.r.	0,808
kp.	1,247	c.l.	0,823

Πίνακας 11: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 15 email του A.P.

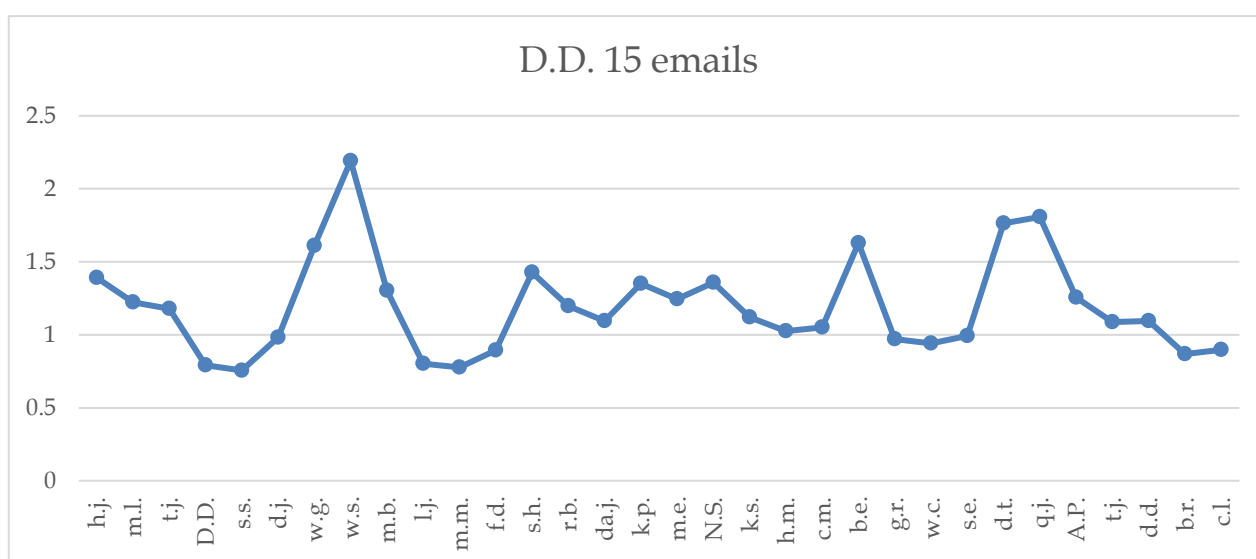


Γράφημα 12: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 15 email του A.P.

Ο S.S. αναγνωρίστηκε λανθασμένα ως ο συγγραφέας αυτού του κειμένου.

D.D. (text from 15 emails)			
Authors	Delta Scores	Authors	Delta Scores
h.j.	1,206	m.e.	1,251
m.l.	0,907	N.S.	1,318
t.j.	0,966	ks.	1,15
D.D.	1,086	h.m.	1,172
ss.	1,749	c.m.	1,159
d.j.	2,194	b.e.	1,569
w.g.	1,247	gr.	1,016
ws.	1,008	w.c.	1,17
m.b.	0,966	s.e.	1,069
l.j.	0,975	d.t.	1,72
m.m.	1,454	q.j.	1,764
f.d.	1,289	A.P.	1,304
s.h.	1,129	t.j.	1,12
r.b.	1,341	d.d.	1,173
d.a.j.	1,206	b.r.	1,073
k.p.	0,907	c.l.	1,161

Πίνακας 12: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 15 email της D.D.

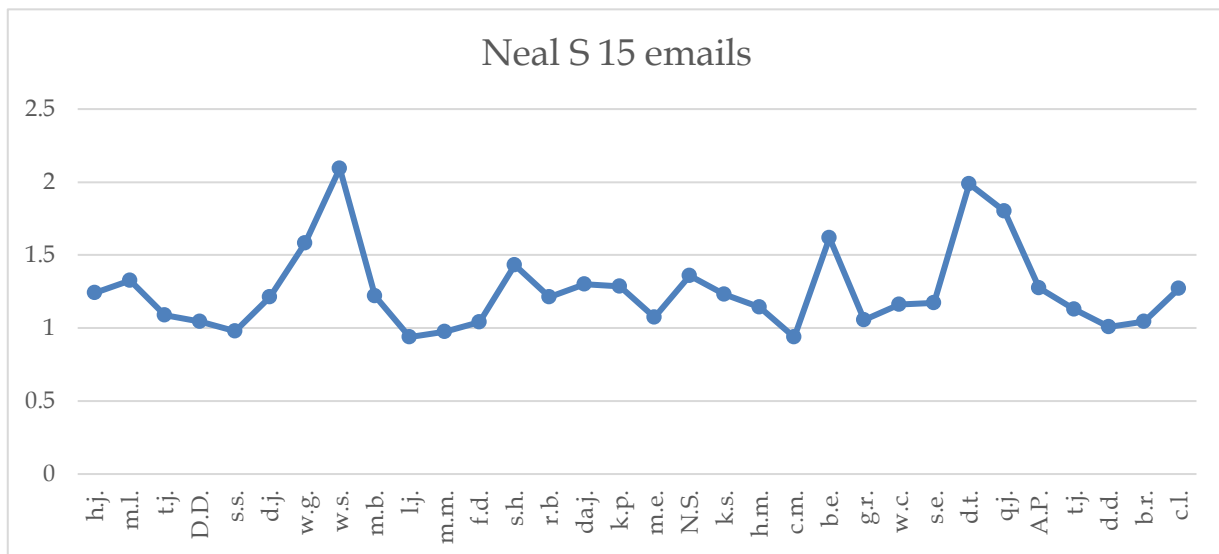


Γράφημα 13: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 15 email της D.D.

Ο S.S. αναγνωρίστηκε λανθασμένα ως ο συγγραφέας αυτού του κειμένου.

<u>N.S. (text from 15 emails)</u>			
Authors	Delta Scores	Authors	Delta Scores
h.j.	1,323	m.e.	1,046
m.l.	1,079	N.S.	1,299
t.j.	1,025	ks.	1,214
D.D.	0,952	h.m.	1,07
s.s.	1,182	c.m.	0,99
d.j.	1,489	b.e.	1,587
w.g.	2,019	gr.	1,008
w.s.	1,298	w.c.	1,155
m.b.	0,893	se.	1,139
l.j.	0,955	dt.	1,993
m.m.	0,981	qj.	1,8
f.d.	1,394	A.P.	1,208
s.h.	1,185	tj.	1,15
r.b.	1,289	d.d.	1,086
daj.	1,281	br.	1,025
k.p.	1,323	cl.	1,247

Πίνακας 13: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 15 email του N.S.



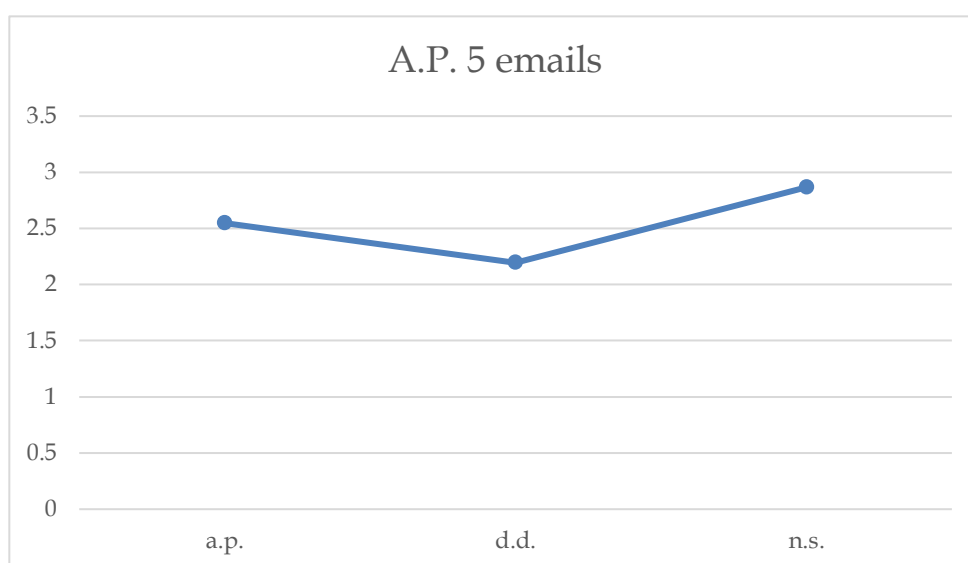
Γράφημα 14: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 15 email του N.S.

Η C.M. αναγνωρίστηκε λανθασμένα ως η συγγραφέας αυτού του κειμένου. Αποδεικνύεται ότι η αύξηση του μεγέθους δεν συνιστά ανάλογη αύξηση στην ποσοστό επιτυχούς ταυτοποίησης.

Θα πρέπει ακολούθως να διερευνηθεί και η συνάρτηση του ποσοστού επιτυχίας ανάλογα με τον αριθμό των γνωστών συγγραφέων. Στις παρακάτω μετρήσεις μόνο τα email των 3 προαναφερθέντων συγγραφέων εισήχθησαν στο subcorpus των γνωστών κειμένων.

<u>A.P. «Subset» (text from 5 emails)</u>	
Authors	Delta Scores
A.P.	2,546
D.D.	2,194
N.S.	2,866

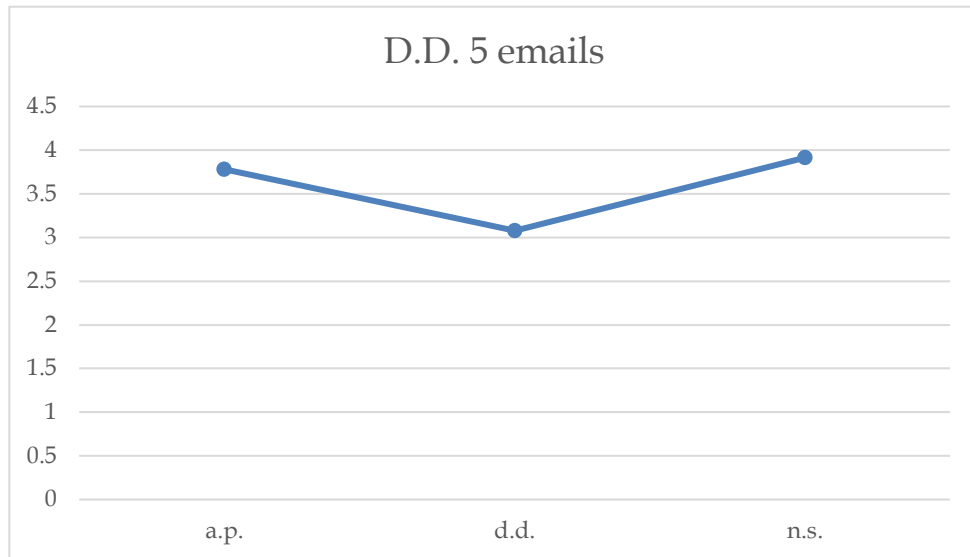
Πίνακας 14: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 5 email του A.P.



Γράφημα 15: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 5 email του A.P.

<u>D.D. «Subset» (text from 5 emails)</u>	
Authors	Delta Scores
A.P.	3,783
D.D.	3,078
N.S.	3,913

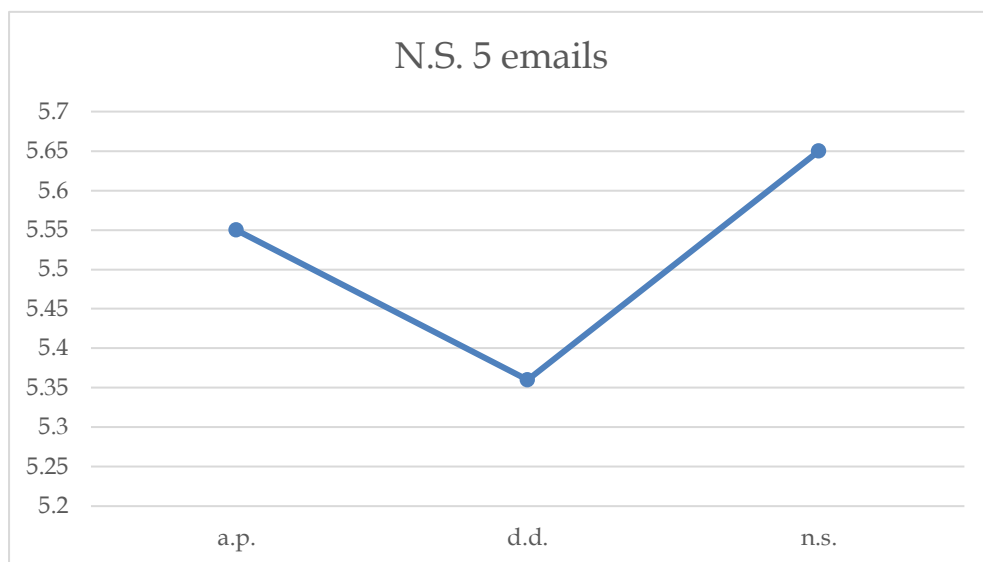
Πίνακας 15: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 5 email της D.D.



Γράφημα 16: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 5 email της D.D.

<u>N.S. «Subset» (text from 5 emails)</u>	
Authors	Delta Scores
A.P.	5,55
D.D.	5,36
N.S.	5,65

Πίνακας 16: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 5 email του N.S.

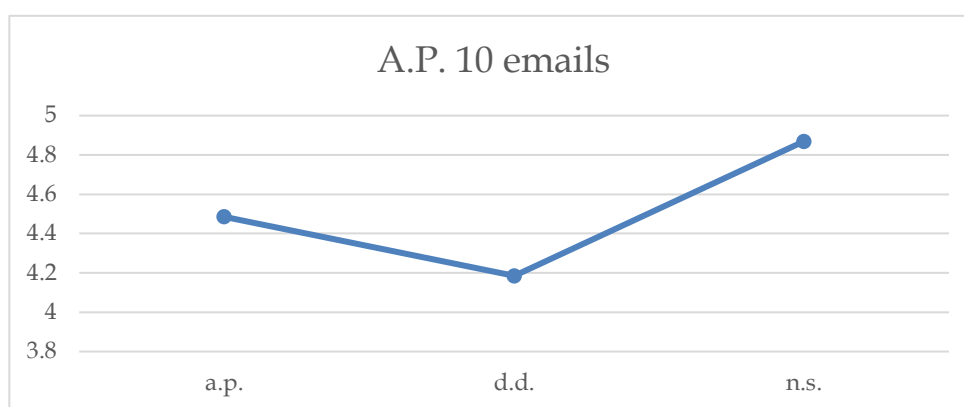


Γράφημα 17: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 5 email του N.S.

Και στις τρεις περιπτώσεις το μικρότερο Delta Score κατείχε η D.D.. Παρακάτω ακολουθούν οι μετρήσεις για τα κείμενα που απαρτίζονται από 10 emails ανά συγγραφέα.

<u>A.P. «Subset» (text from 10 emails)</u>	
Authors	Delta Scores
A.P.	4,486
D.D.	4,185
N.S.	4,869

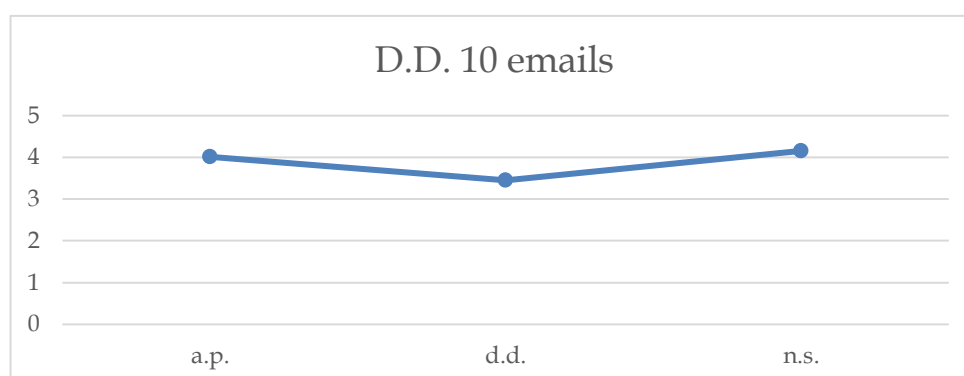
Πίνακας 17: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 10 email του A.P.



Γράφημα 18: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 10 email του A.P.

<u>D.D. «Subset» (text from 10 emails)</u>	
Authors	Delta Scores
A.P.	4,015
D.D.	3,45
N.S.	4,155

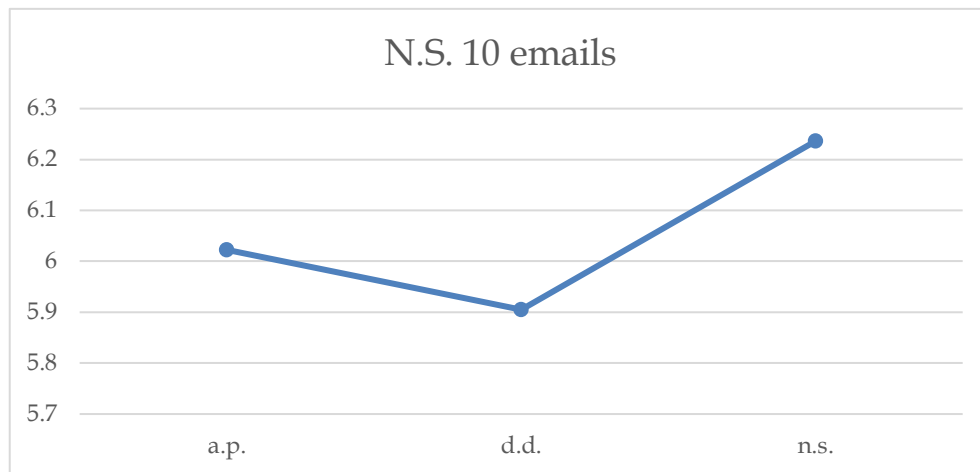
Πίνακας 18: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 10 email της D.D.



Γράφημα 19: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 10 email της D.D.

<u>N.S. «Subset» (text from 10 emails)</u>	
Authors	Delta Scores
A.P.	6,022
D.D.	5,905
N.S.	6,236

Πίνακας 19: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 10 email του N.S.

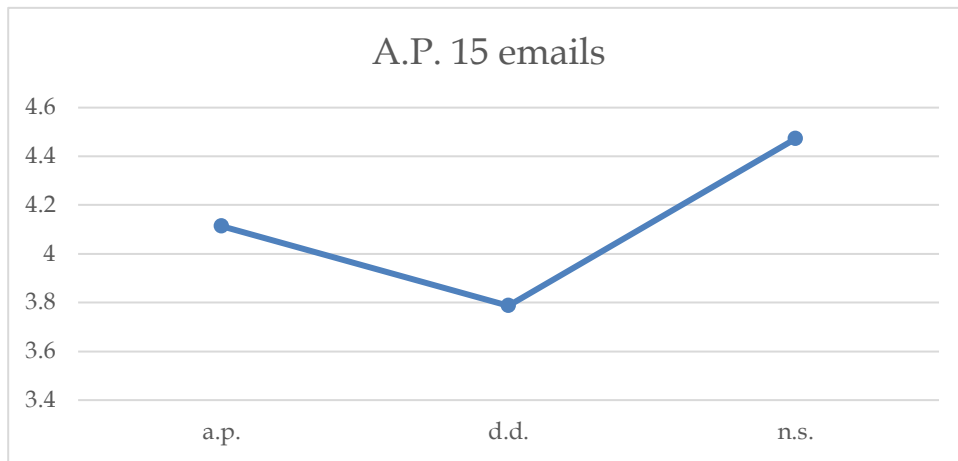


Γράφημα 20: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 10 email του N.S.

Παρόλη την αύξηση του μεγέθους των κειμένων, το ποσοστό ταυτοποίησης δεν επηρεάστηκε σημαντικά. Από τα Delta Scores είναι εμφανές πως παραμένει δύσκολη η εξαγωγή ενός ξεκάθαραυ στυλ από τα κείμενα των μετρήσεων, ανεξαρτήτως του μεγέθους τους. Για να διασταυρωθεί αυτό το γεγονός ακολουθούν μετρήσεις για κείμενα ακόμα μεγαλύτερου μεγέθους, ίσου με 15 emails ανά συγγραφέα.

<u>A.P. «Subset» (text from 15 emails)</u>	
Authors	Delta Scores
A.P.	4,114
D.D.	3,787
N.S.	4,472

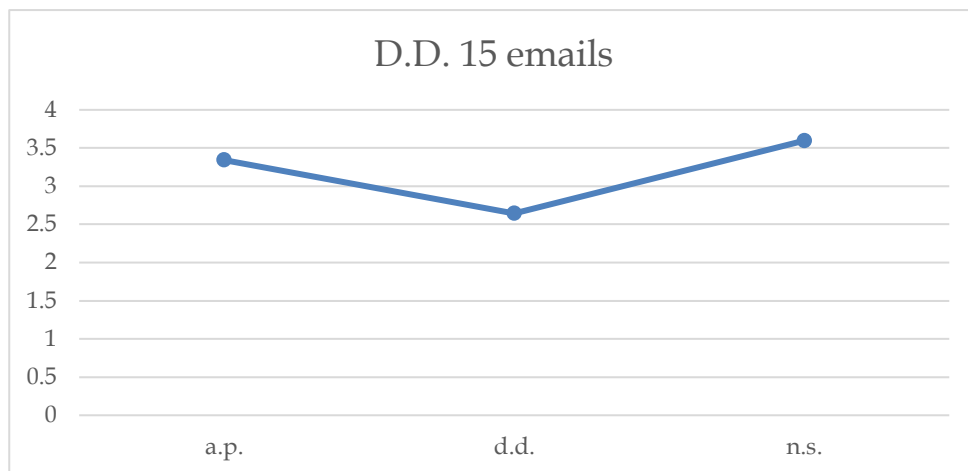
Πίνακας 20: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 15 email του A.P.



Γράφημα 21: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 15 email του A.P.

<u>D.D. «Subset» (text from 5 emails)</u>	
Authors	Delta Scores
A.P.	3,343
D.D.	2,643
N.S.	3,596

Πίνακας 21: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 15 email της D.D.

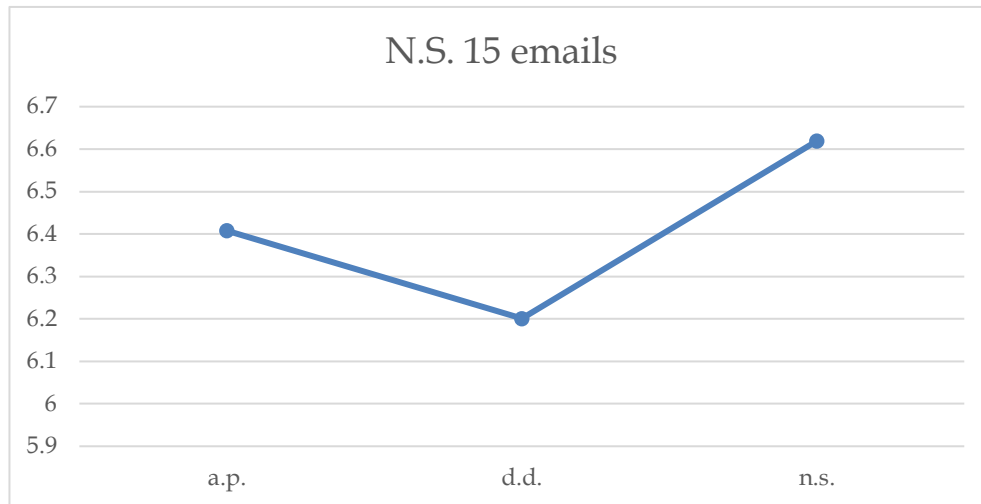


Γράφημα 22: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 15 email της D.D.

Και τέλος:

N.S. «Subset» (text from 5 emails)	
Authors	Delta Scores
A.P.	6,408
D.D.	6,201
N.S.	6,619

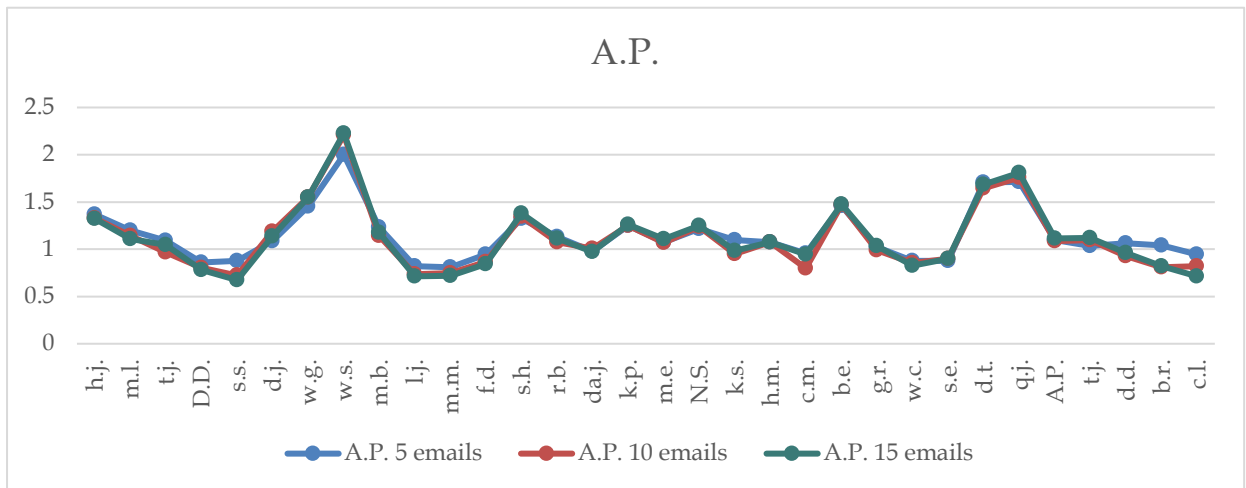
Πίνακας 22: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 15 email του N.S.



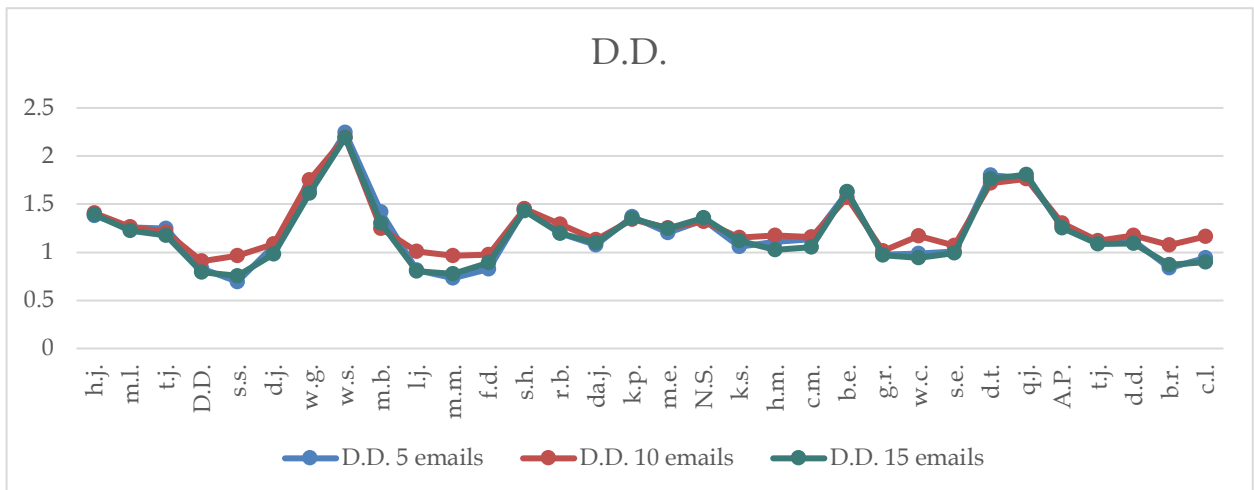
Γράφημα 23: Τα Delta Scores των συγγραφέων για το κείμενο των 15 email του N.S.

Οι μετρήσεις δεν επηρεάστηκαν καθόλου ούτε αυτή τη φορά, παρόλη την αύξηση του μεγέθους των αγνώστων κειμένων στα 15 email. Παράλληλα, είναι εμφανές πως η μείωση του συνόλου των γνωστών συγγραφέων από 32 σε 3 δεν είχε καμία θετική επίδραση στον υπολογισμό των Delta Scores και κατ' επέκταση στην επιτυχία του στυλομετρικού συστήματος να ταυτοποιήσει το συγγραφέα.

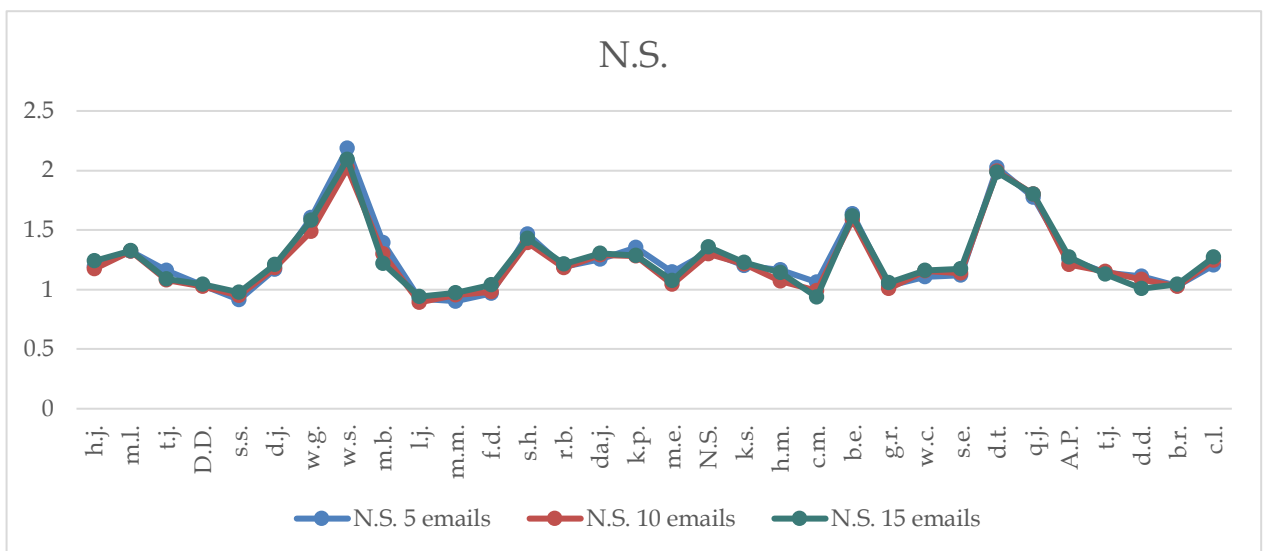
Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτουν πολύ ενδιαφέροντα συμπεράσματα σχετικά με τη στυλομετρία και τη δυναμική της. Όπως καταδεικνύεται, ο καθοριστικός παράγοντας που επηρεάζει την ταυτοποίηση είναι η δυνατότητα εξαγωγής ενός καθοριστικού και αναγνωρίσιμου στυλ, πράγμα που εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το είδος του κειμένου και όχι από το μέγεθος τους ή από τον αριθμό των συγγραφέων. Ακολουθούν τα συγκριτικά γραφήματα των Delta Scores ανάλογα το μέγεθος του κειμένου και το πλήθος των γνωστών συγγραφέων για κάθε έναν από τους τρεις συγγραφείς των δοκιμών.



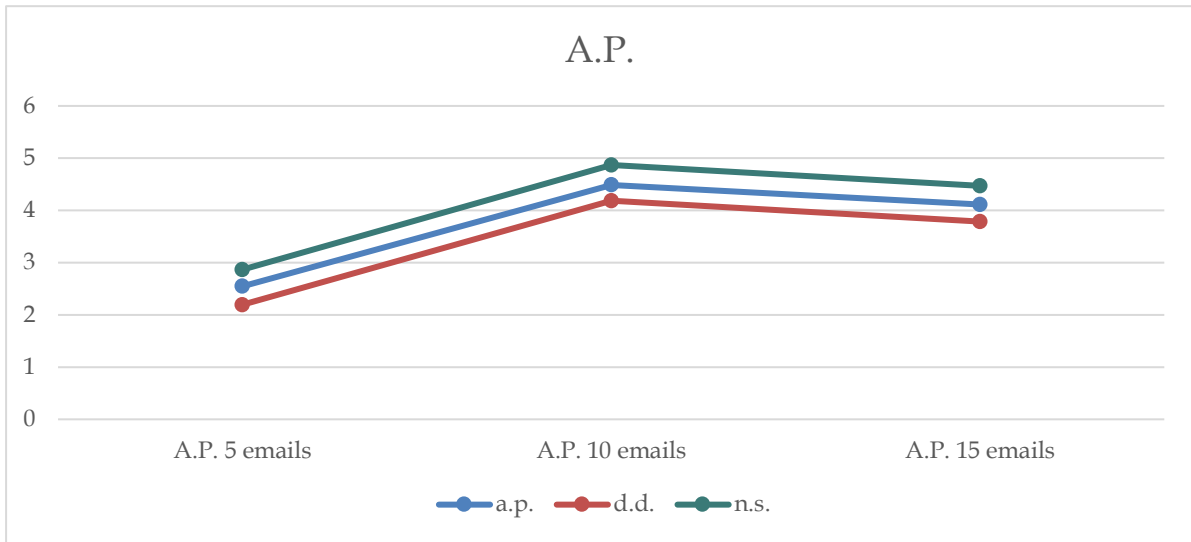
Γράφημα 24: Τα Delta Scores των συγγραφέων για 5, 10 και 15 email του A.P.



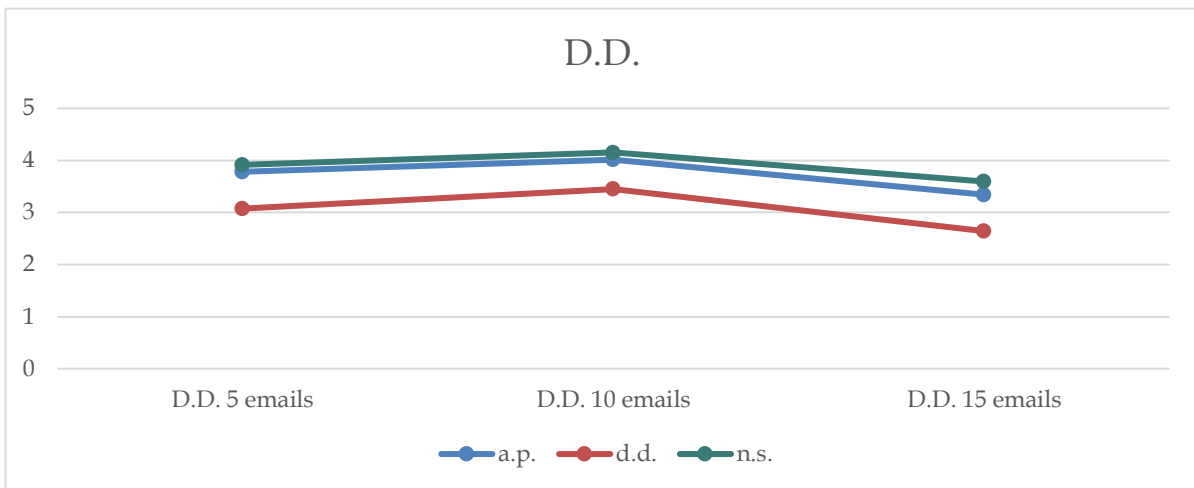
Γράφημα 25: Τα Delta Scores των συγγραφέων για 5, 10 και 15 email της D.D.



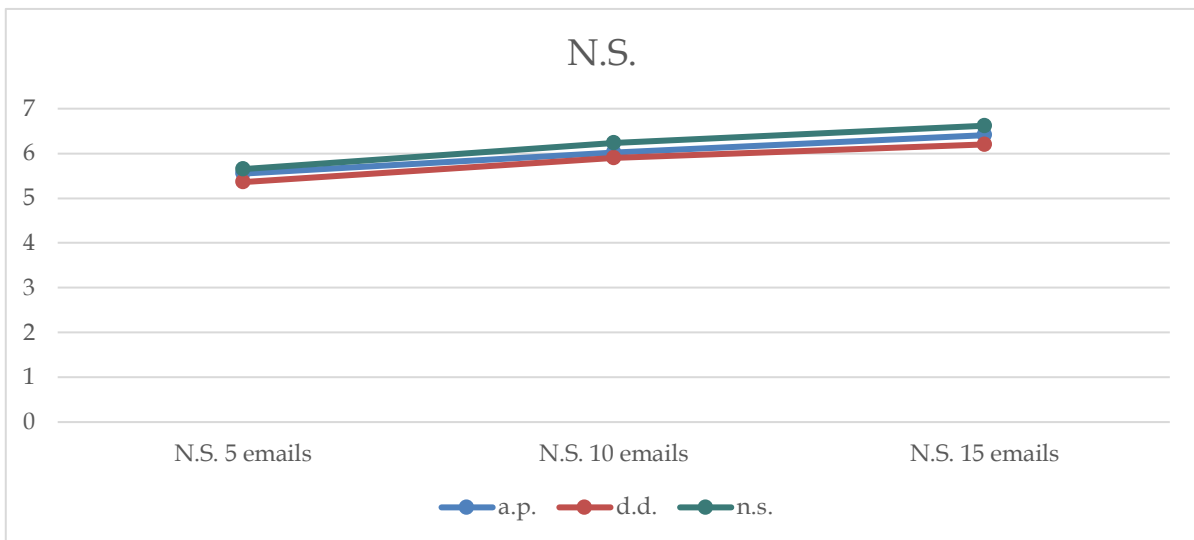
Γράφημα 26: Τα Delta Scores των συγγραφέων για 5, 10 και 15 email του N.S.



Γράφημα 27: Τα Delta Scores των τριών συγγραφέων για 5, 10 και 15 email του A.P.



Γράφημα 28: Τα Delta Scores των τριών συγγραφέων για 5, 10 και 15 email της D.D.



Γράφημα 29: Τα Delta Scores των τριών συγγραφέων για 5, 10 και 15 email του N.S.

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί εύκολα από τα παραπάνω γραφήματα, τα Delta Scores δε δείχνουν να επηρεάζονται (βελτιώνονται) παράλληλα με την αύξηση του κειμένου, ανεξάρτητα από το πλήθος των γνωστών συγγραφέων. Σε περίπτωση που το επιπλέον κείμενο βοηθούσε στην αναγνώριση του στυλ, τα Delta Scores των πραγματικών συγγραφέων θα έπρεπε να μειώνονται όσο αυξανόταν ο όγκος των κειμένων, ενώ αντίστοιχα τα Delta Scores των περισσότερων από τους άλλους συγγραφείς να αυξάνονται. Παρατηρώντας όμως τις καμπύλες των διαγραμμάτων, μπορεί να διαπιστωθεί πως είναι παράλληλες, με κάποιες ίσως μικρές διαφορές οι οποίες όμως δεν συμφωνούν με το pattern που περιεγράφηκε μόλις.

Είναι λοιπόν η ποιότητα των κειμένων, αναφορικά με τον τρόπο έκφρασης, η οποία είναι ο βασικός παράγοντας της στυλομετρικής ταυτοποίησης και όχι το μήκος των κειμένων ή το πλήθος των συγγραφέων.

Τα αποτελέσματα συγκλίνουν στη εξαγωγή του συμπεράσματος πως η στυλομετρία, στη μορφή που χρησιμοποιήθηκε στο παρόν στυλομετρικό σύστημα, δεν επαρκεί για την ταυτοποίηση ενός προσώπου μέσα από ένα σύνολο ρεαλιστικών emails όπως για παράδειγμα το Enron Email Dataset. Ακόμα κι αν αυτό ήταν εφικτό, θα έπρεπε να υπάρχει ένας πολύ μεγάλος όγκος δεδομένων έτσι ώστε ο συνδυασμός τους να δώσει αποτελέσματα με ικανό ποσοστό βεβαιότητας. Παρόλα αυτά, είναι σημαντικό να ακολουθήσουν κι άλλες έρευνες σε άλλα datasets τα οποία ίσως περιλαμβάνουν δεδομένα καλύτερης ποιότητας από στυλομετρικής άποψης, όπως για παράδειγμα τα προσωπικά email που στέλνουν οι χρήστες εκτός επαγγελματικού περιβάλλοντος και πλαισίου.

Για να ολοκληρωθεί όμως η έρευνα των προκαθορισμένων κατηγοριών, παρακάτω ακολουθούν οι αντίστοιχες μετρήσεις σε σύντομα μηνύματα που αναρτούν οι χρήστες στα κοινωνικά δίκτυα και πιο συγκεκριμένα στο κοινωνικό δίκτυο Twitter.

4.4.4 Η κατηγορία των Social Media Posts

Αν τα emails δεν περιείχαν την απαραίτητη δομή και εκφραστικά στοιχεία για την εξαγωγή ενός στυλ, αναμένεται τα αποτελέσματα να είναι εξίσου, αν όχι περισσότερο, αρνητικά για την κατηγορία των Social Media Posts (Tweets). Μάλιστα, στην κατηγορία αυτή το πλήθος των συγγραφέων είναι ακόμα μεγαλύτερο και τα κείμενα ακόμα πιο σύντομα και “φτωχά” από την άποψη του τρόπου έκφρασης, αντανακλώντας τον πραγματικό τρόπο με τον οποίο δυστυχώς οι περισσότεροι άνθρωποι πλέον σκέφτονται και επικοινωνούν.

Η πλατφόρμα Twitter επιλέχθηκε σκόπιμα διότι εκεί τα μηνύματα έχουν ανώτατο περιορισμό στον αριθμό χαρακτήρων. Στο dataset που χρησιμοποιήθηκε, όπως και σε όλα τα διαθέσιμα, αν και το πλήθος των συγγραφέων είναι πολύ μεγάλο, οι αναρτήσεις ανά χρήστη είναι πολύ λίγες, συνήθως πέντε ή έξι το πολύ. Λόγω αυτού η εξαγωγή ενός ξεκάθਾਰου στυλ ανά συγγραφέα καθίσταται ακόμα δυσκολότερη. Παρόλα αυτά είναι σημαντικός για τα πλαίσια της ιδιωτικότητας, ο ρεαλισμός που προκύπτει από τις πραγματικές αναρτήσεις και η έλλειψη πολλών δεδομένων ανά συγγραφέα.

Λόγω των παραπάνω ιδιαιτεροτήτων των δεδομένων, το σενάριο των μετρήσεων θα είναι διαφορετικό από την κατηγορία των email. Σε πρώτη φάση θα ταυτοποιηθούν δέκα tweets διαφορετικών συγγραφέων για να αποτιμηθεί η αποτελεσματικότητα της ταυτοποίησης ανάμεσα σε ένα μεγάλο πλήθος συγγραφέων (> 100). Έπειτα, θα δημιουργηθεί ένα subset το οποίο θα περιλαμβάνει μόνο τα κείμενα των δέκα συγγραφέων προς ταυτοποίηση και θα πραγματοποιηθούν ξανά οι ίδιοι έλεγχοι σε αυτό το subset, μεγέθους δέκα συγγραφέων και ογδόντα κειμένων, έτσι ώστε να εξεταστεί κατά πόσο το πλήθος των συγγραφέων επηρεάζει την απόδοση του συστήματος. Δεδομένου ότι τα πραγματικά ονόματα των χρηστών του Twitter δεν χρειάζονται για την έρευνά μας, προχωρήσαμε έχοντας προβεί σε ψευδωνυμοποίησή τους (αντικατάστασή τους με τυχαίες συμβολοσειρές).

Για την πρώτη περίπτωση της ταυτοποίησης δέκα κειμένων ανάμεσα σε εκατό χρήστες του Twitter, τα δεδομένα (Delta Scores) είναι πάρα πολλά για να οπτικοποιηθούν με πίνακες και γραφήματα, όπως έγινε στις προηγούμενες περιπτώσεις. Ακολουθεί λοιπόν ένας συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων, στον οποίο αναγράφονται οι πραγματικοί συγγραφείς ανά κείμενο (κρυπτογραφημένοι) και αντίστοιχα το αποτέλεσμα της ταυτοποίησης από τη δοκιμή που έγινε με το σύστημα ShadowCloak. Το ποσοστό επιτυχημένης ταυτοποίησης ήταν 30%.

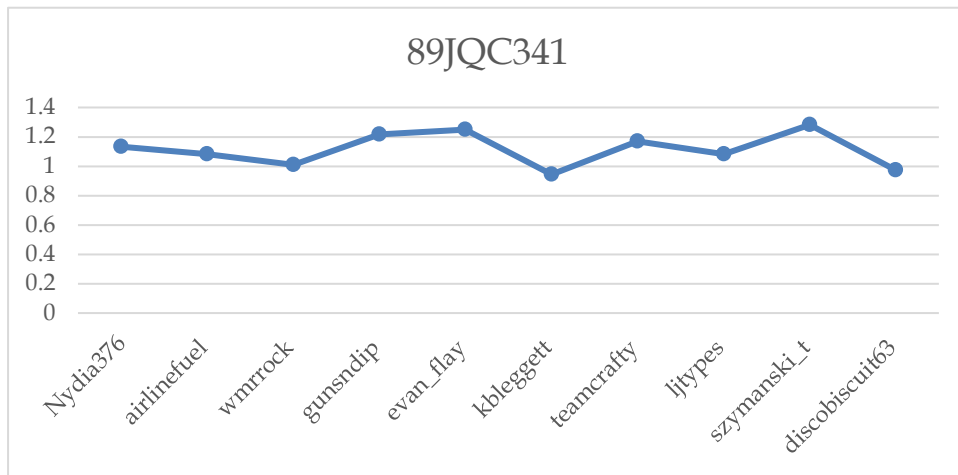
<u>Authors</u>	<u>Results</u>
89JQC341	00vnm89b3b
039qV84c	039qV84c
9av2im9023	Qb4534Aqn753
042umqv3	9Asg5e6nbbam
MP1dnyurtdn7	039qV84c
M7w45745b4	8nHybNjkr
5n68u4bv456	5n68u4bv456
N6547b8648576	Mab49tu0fgbd
697d5l69C476	697d5l69C476
N64n7d5n8597	4y56GShjk436
Ποσοστό επιτυχημένης ταυτοποίησης: 30%	

Πίνακας 23: Τα αποτελέσματα από τις δοκιμές ταυτοποίησης των 10 tweets

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δοκιμών για το subcorpus των δέκα συγγραφέων, έτσι ώστε να αποτιμηθεί η επίδραση του πλήθους των γνωστών συγγραφέων στα ποσοστά επιτυχούς ταυτοποίησης.

<u>89JQC341</u>	
<u>Authors</u>	<u>Delta Scores</u>
89JQC341	1,134
039qV84c	1,082
9av2im9023	1,008
042umqv3	1,217
M7w45745b4	1,249
5n68u4bv456	0,944
N6547b8648576	1,17
697d5l69C476	1,081
N64n7d5n8597	1,282
MP1dnyurtdn7	0,972

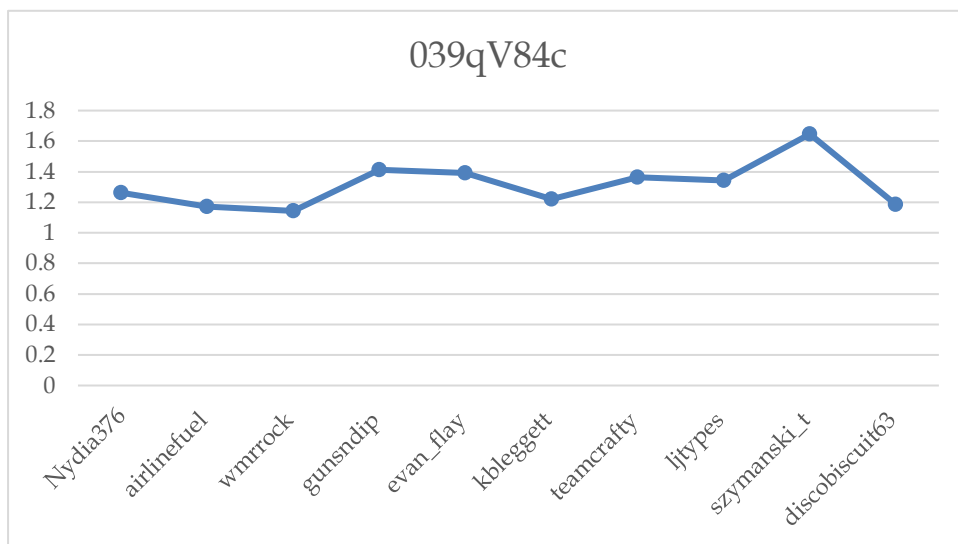
Πίνακας 24: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του 89JQC341



Γράφημα 30: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του 89JQC341

039qV84c	
Authors	Delta Scores
89JQC341	1,263
039qV84c	1,171
9av2im9023	1,143
042umqv3	1,413
M7w45745b4	1,391
5n68u4bv456	1,221
N6547b8648576	1,365
697d5l69C476	1,342
N64n7d5n8597	1,646
MP1dneyurtdn7	1,185

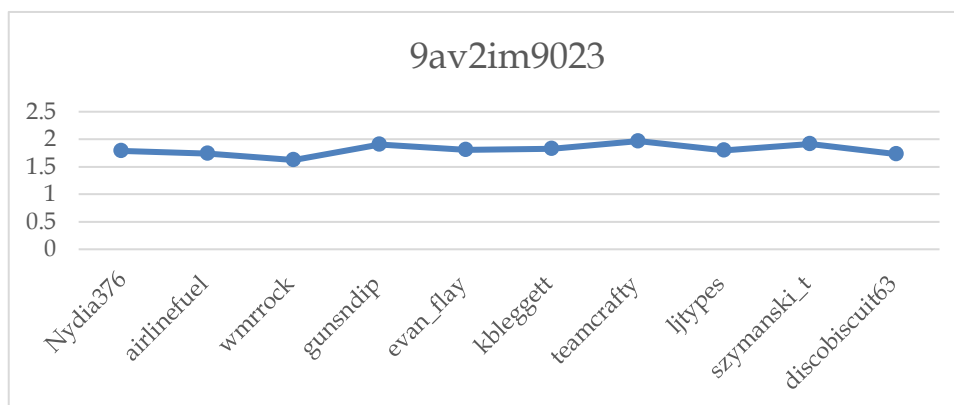
Πίνακας 25: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του 039qV84c



Γράφημα 31: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του 039qV84c

9av2im9023	
Authors	Delta Scores
89JQC341	1,786
039qV84c	1,741
9av2im9023	1,622
042umqv3	1,902
M7w45745b4	1,807
5n68u4bv456	1,829
N6547b8648576	1,966
697d5l69C476	1,797
N64n7d5n8597	1,911
MP1dneyurtdn7	1,727

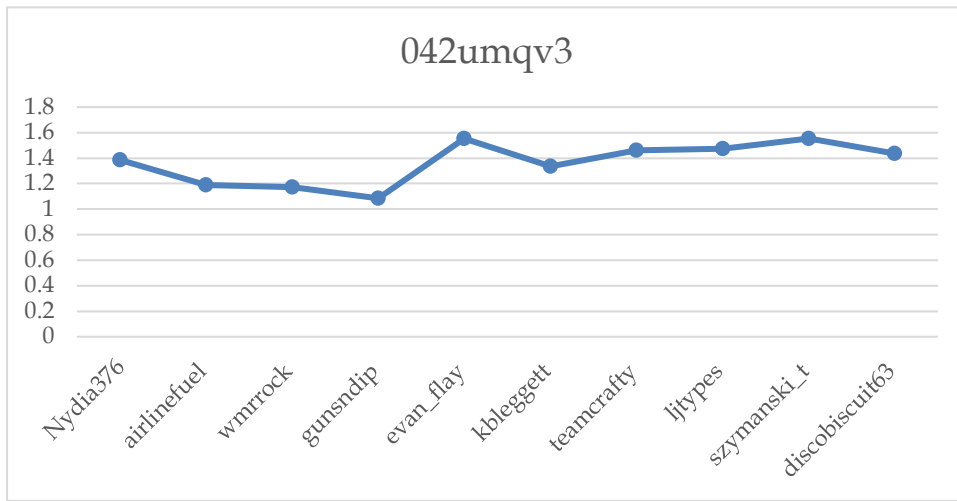
Πίνακας 26: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του 9av2im9023



Γράφημα 32: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του 9av2im9023

042umqv3	
Authors	Delta Scores
89JQC341	1,387
039qV84c	1,19
9av2im9023	1,171
042umqv3	1,085
M7w45745b4	1,553
5n68u4bv456	1,336
N6547b8648576	1,461
697d5l69C476	1,473
N64n7d5n8597	1,554
MP1dneyurtdn7	1,437

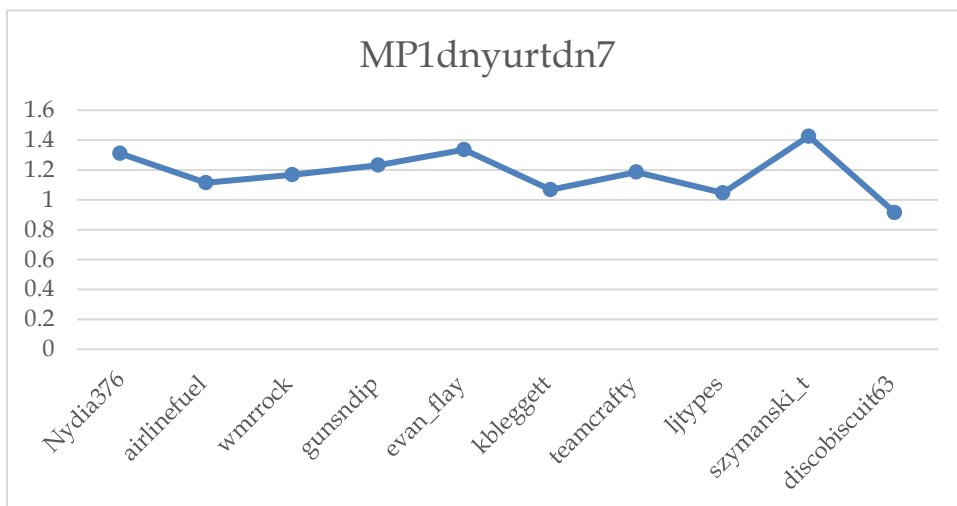
Πίνακας 27: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του 042umqv3



Γράφημα 33: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του 042umqv3

<u>MP1dnyurtdn7</u>	
Authors	Delta Scores
89JQC341	1,309
039qV84c	1,114
9av2im9023	1,168
042umqv3	1,233
M7w45745b4	1,334
5n68u4bv456	1,066
N6547b8648576	1,184
697d5l69C476	1,045
N64n7d5n8597	1,426
MP1dnyurtdn7	0,915

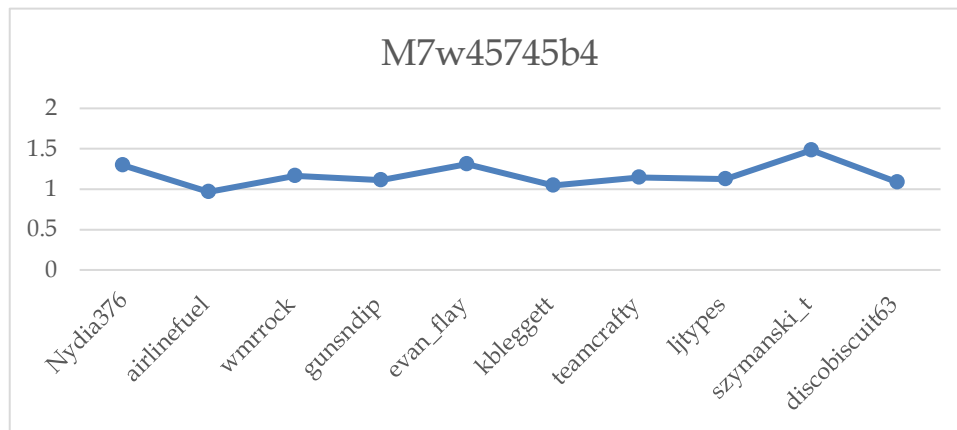
Πίνακας 28: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του MP1dnyurtdn7



Γράφημα 34: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του MP1dnyurtdn7

<u>M7w45745b4</u>	
Authors	Delta Scores
89JQC341	1,297
039qV84c	0,966
9av2im9023	1,162
042umqv3	1,113
M7w45745b4	1,307
5n68u4bv456	1,043
N6547b8648576	1,146
697d5l69C476	1,125
N64n7d5n8597	1,482
MP1dneyurtdn7	1,088

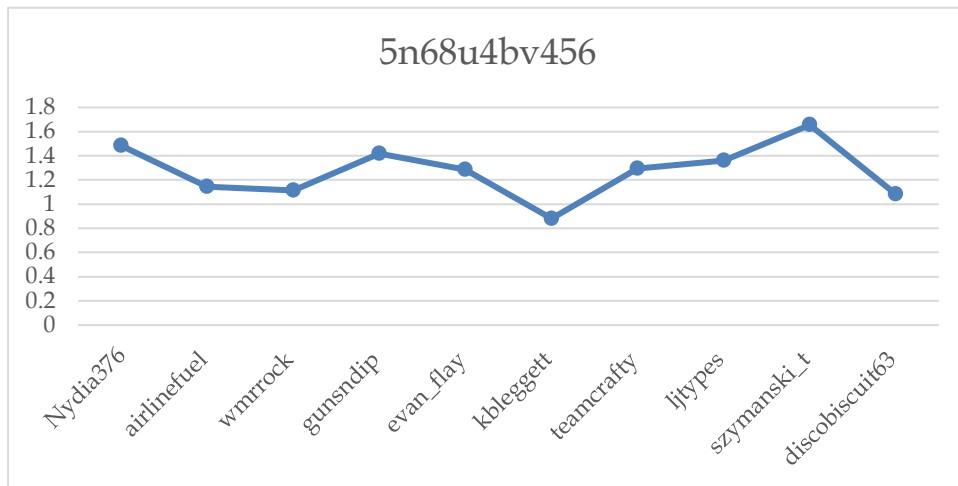
Πίνακας 29: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του M7w45745b4



Γράφημα 35: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του M7w45745b4

<u>5n68u4bv456</u>	
Authors	Delta Scores
89JQC341	1,485
039qV84c	1,146
9av2im9023	1,114
042umqv3	1,416
M7w45745b4	1,287
5n68u4bv456	0,881
N6547b8648576	1,296
697d5l69C476	1,362
N64n7d5n8597	1,655
MP1dneyurtdn7	1,081

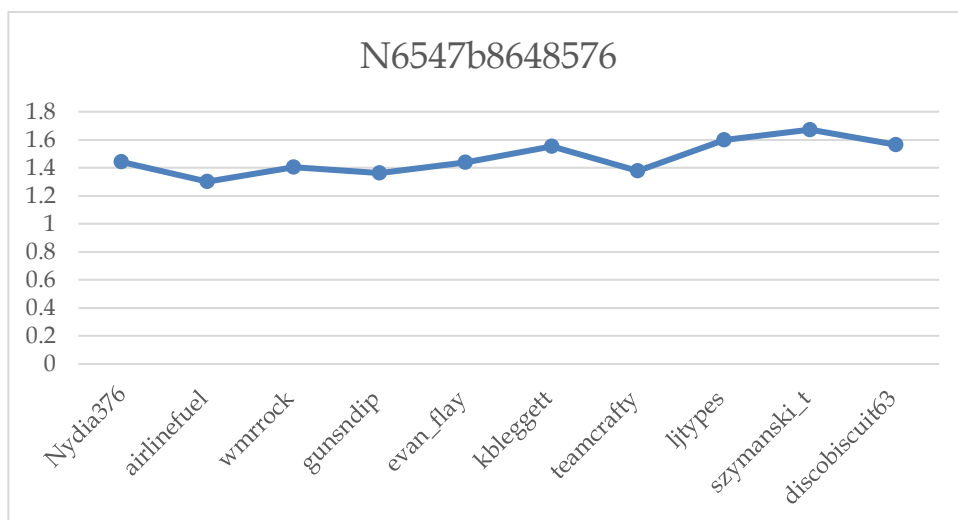
Πίνακας 30: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του 5n68u4bv456



Γράφημα 36: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του 5n68u4bv456

<u>N6547b8648576</u>	
Authors	Delta Scores
89JQC341	1,441
039qV84c	1,301
9av2im9023	1,405
042umqv3	1,362
M7w45745b4	1,437
5n68u4bv456	1,552
N6547b8648576	1,379
697d5l69C476	1,597
N64n7d5n8597	1,672
MP1dnyurtdn7	1,563

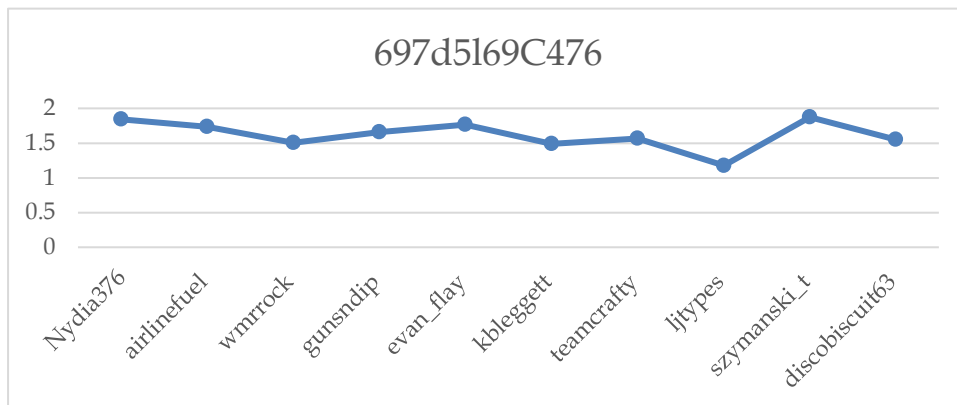
Πίνακας 31: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του N6547b8648576



Γράφημα 37: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του N6547b8648576

697d5169C476	
Authors	Delta Scores
89JQC341	1,843
039qV84c	1,732
9av2im9023	1,506
042umqv3	1,655
M7w45745b4	1,766
5n68u4bv456	1,489
N6547b8648576	1,567
697d5169C476	1,177
N64n7d5n8597	1,873
MP1dnyurtdn7	1,554

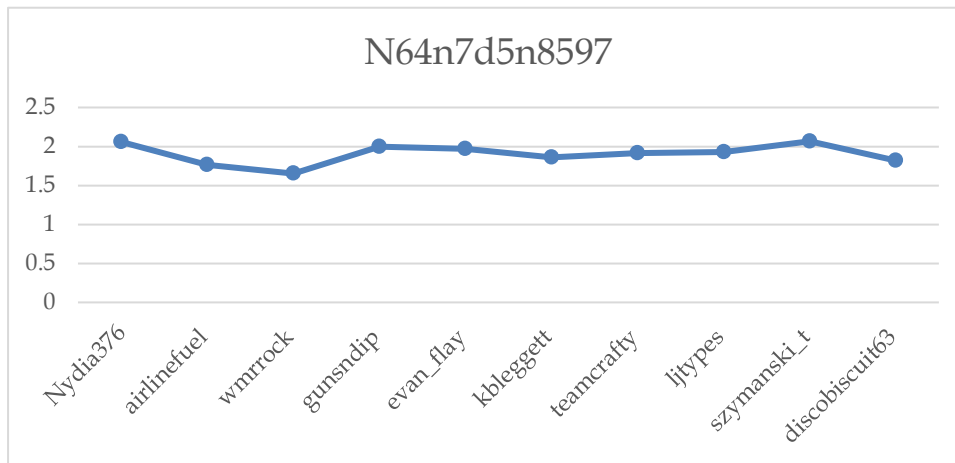
Πίνακας 32: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του 697d5169C476



Γράφημα 38: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του 697d5169C476

N64n7d5n8597	
Authors	Delta Scores
89JQC341	2,056
039qV84c	1,766
9av2im9023	1,652
042umqv3	1,996
M7w45745b4	1,972
5n68u4bv456	1,861
N6547b8648576	1,917
697d5169C476	1,929
N64n7d5n8597	2,066
MP1dnyurtdn7	1,821

Πίνακας 33: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του Szymanski



Γράφημα 39: Τα Delta Scores των χρηστών για το tweet του Szymanski

<u>Authors</u>	<u>Results</u>
89JQC341	5n68u4bv456
039qV84c	9av2im9023
9av2im9023	9av2im9023
042umqv3	042umqv3
MP1dnyurtdn7	MP1dnyurtdn7
M7w45745b4	039qV84c
5n68u4bv456	5n68u4bv456
N6547b8648576	039qV84c
697d5l69C476	697d5l69C476
N64n7d5n8597	9av2im9023
Ποσοστό επιτυχημένης ταυτοποίησης: 50%	

Πίνακας 34: Τα αποτελέσματα του subset από τις δοκιμές ταυτοποίησης των 10 tweets

Στο subcorpus των 10 συγγραφέων, τα αποτελέσματα ήταν λίγο καλύτερα. Το ποσοστό επιτυχημένης ταυτοποίησης ανέβηκε από το 30% στο 50% (5/10). Παρόλα αυτά, όπως γίνεται εμφανές από τα γραφήματα, τα Delta Scores μεταξύ των συγγραφέων δεν έχουν πολύ μεγάλη απόκλιση, πράγμα που υποδεικνύει ότι η ταυτοποίηση δεν είναι καθοριστική, ακόμα κι αν το ποσοστό ταυτοποίησης αυξήθηκε λόγω του κατά πολύ μικρότερου αριθμού πιθανών συγγραφέων. Το γενικό συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί από τις δοκιμές των social media posts είναι πως η στυλομετρία, στην παραδοσιακή της μορφή, όπως υλοποιήθηκε στο στυλομετρικό σύστημα ShadoCloak, δεν παρέχει μεγάλη αξιοπιστία στην ταυτοποίηση προσώπων. Τουλάχιστον χωρίς να υπάρχει μεγάλος όγκος γνωστών δεδομένων ανά χρήστη.

4.4.5 Ανωνυμοποίηση

Σε συνέχεια των δοκιμών για τις δυνατότητες αναγνώρισης προσώπων μέσω της στυλομετρίας, προτείνεται μια μέθοδος η οποία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την παραπλάνηση του στυλομετρικού συστήματος, με αποτέλεσμα την ανωνυμοποίηση του κειμένου (υπό την έννοια της αποτροπής αναγνώρισης του αρχικού συγγραφέα βάσει άλλων κειμένων του ιδίου). Παρακάτω παρουσιάζεται ένα σενάριο ως παράδειγμα, αναλύοντας το στυλ ενός από τα email του αντίστοιχου corpus. Όπως φαίνεται στη φωτογραφία 21, η στυλομετρική ανάλυση ταυτοποίησε το συγγραφέα του κειμένου, αλλά και τις λέξεις που οδήγησαν στην ταυτοποίηση.

The screenshot shows a web-based text analysis tool. At the top, it displays 'Suggested Author: Lavorato J'. Below this, a section titled 'Most Relevant Tokens:' contains a horizontal list of words: 'the', 'to', 'and', 'of', 'a', 'in', 'you', 'this', 'be', 'will', 'with', 'please', 'our', 'would', and 'can'. Each word is enclosed in a small grey bubble. To the right of these tokens are several colored buttons labeled 'Verbs', 'Adjectives', 'Nouns', 'Adverbs', 'Pronouns', and 'Others'. A 'Reset Tokens' button is located at the bottom right of this section. Below the tokens is a rich text editor with a toolbar and a paragraph of text: 'Guys, I would like to schedule a one hour meeting to discuss the 2000 and 2001 IT budget. Essentially, I would like this first meeting to discuss our approach to a understanding in some detail our 2000 costs and the nature/behaviour of those costs and b in this context. ENA priorities and the system plan, come up with the 2001 budget and how the accountability will be managed. Kay, can you please try to organize ASAP.'

Εικόνα 21: Η στυλομετρική ανάλυση του email δείχνει ποιες λέξεις πρέπει να αντικατασταθούν

Με σταδιακή αντικατάσταση αυτών των λέξεων μέσα στο κείμενο με άλλες αντίστοιχες έτσι ώστε να διατηρηθεί το νόημά του, κατέστη εφικτό να αλλαχτεί το στυλ του κειμένου έτσι ώστε να μη μπορεί να ταυτιστεί ο συγκεκριμένος συγγραφέας από το στυλομετρικό σύστημα. Με άλλα λόγια το κείμενο ανωνυμοποιήθηκε επιτυχώς όσον αφορά τις στυλομετρικές μεθόδους ανάλυσης. Για το συγκεκριμένο κείμενο (76 λέξεων), το μόνο που χρειάστηκε να αλλάξει ήταν η τελευταία πρόταση “Kay, can you please try to organize ASAP” σε “Kay, would you try organizing it ASAP”. Με αυτό τον τρόπο αφαιρέθηκαν τα 4 tokens “can”, “you”, “please”, “to”, δηλαδή αντικαταστάθηκε το 5.25% των λέξεων του συνολικού κειμένου.

This screenshot is similar to the previous one, but it features a blue dialog box in the center with the title 'Anonymization Successful!'. The dialog box contains the text: 'The initial author "Lavorato J" is different from the current author "Weldon C"!'. There is a 'Close' button at the bottom right of the dialog box. The background interface is dimmed, showing the same 'Suggested Author' and 'Most Relevant Tokens' sections as in the previous image.

Εικόνα 22: Η αντικατάσταση των λέξεων επέφερε αδυναμία αναγνώρισης του συγγραφέα

Η μέθοδος αυτή θα μπορούσε να αποτελέσει ένα μέτρο προστασίας σε περιπτώσεις απειλής στην ιδιωτικότητα των χρηστών – αν, για παράδειγμα, μία εφαρμογή λογισμικού αναλαμβάνει, στην πλευρά του χρήστη, να πραγματοποιήσει αυτές τις αλλαγές (με διαφανή προφανώς τρόπο ως προς τη λειτουργία της) και προσαρμόζει το κείμενο κατάλληλα πριν την ανάρτησή του, ενημερώνοντας το χρήστη και ζητώντας την έγκρισή του για την ανάρτηση του τροποποιημένου κειμένου.

4.4.6 Ανασκόπηση των αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα από τις δοκιμές που διενεργήθηκαν με τη χρήση του στυλομετρικού συστήματος ShadowCloak συμπίπτουν κι επιβεβαιώνουν τις υπάρχουσες έρευνες [02][08][09][17]. Αποδείχτηκε πως η στυλομετρία μπορεί όντως να αποβεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την ταυτοποίηση προσώπων, με άριστα ποσοστά επιτυχία, όταν όμως πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις. Τα αποτελέσματα ταυτοποίησης για τις κατηγορίες των βιβλίων και των δικτυακών άρθρων (blog posts) ξεπέρασαν το 90%, ακόμα και με λίγα δεδομένα εισόδου. Το γεγονός αυτό καθιστά τη στυλομετρία ως ένα ιδιαίτερο χρήσιμο εργαλείο για την ταυτοποίηση συγγραφέων τέτοιου είδους κειμένων, αλλά και απειλή για την ιδιωτικότητά τους. Από την άλλη πλευρά, για κείμενα τον οποίων ο τρόπος γραφής δεν στοιχειοθετεί έναν συγκεκριμένο, ομοιογενή και αναγνωρίσιμο τρόπο έκφρασης, όπως τα email μεταξύ των εργαζομένων σε μια επιχείρηση ή τα tweets των χρηστών στην αντίστοιχη πλατφόρμα κοινωνικής δικτύωσης, εκεί τα αποτελέσματα δεν είναι τόσο θετικά. Ακόμα κι αν υπάρχει κάποιο ποσοστό επιτυχίας, οι μετρικές του στυλ δεν αποτελούν καθοριστικό χαρακτηριστικό για την ασφαλή ταυτοποίηση, τουλάχιστον στις περισσότερες περιπτώσεις.

Τα πειράματα που έγινα έδειξαν επίσης ότι παρόλο που το μέγεθος των δεδομένων, γνωστών κειμένων εισόδου αλλά και το μήκος του αγνώστου κειμένου, όπως επίσης και το πλήθος των συγγραφέων επηρεάζουν το ποσοστό ταυτοποίησης, στην ουσία ο παράγοντας με την πιο καθοριστική σημασία είναι το είδος του κειμένου και ο τρόπος γραφής του. Ακόμα και με πολύ μικρό αριθμό δεδομένων, ένα κείμενο το οποίο περιέχει χαρακτηριστικό στυλ, μπορεί να ταυτοποιηθεί επιτυχώς.

Παράλληλα έγινε μια αναφορά σε έναν πιθανό τρόπο αντιμετώπισης της στυλομετρικής ταυτοποίησης μέσω του συστήματος ShadowCloak, αντικαθιστώντας σταδιακά τις λέξεις που επηρέασαν περισσότερο την ταυτοποίηση.

Στην επόμενη ενότητα, θα αναλυθούν σε μεγαλύτερο βάθος τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των πειραματικών δοκιμών αλλά και των επιπτώσεων που μπορεί να υπάρξουν για την ιδιωτικότητα των χρηστών. Παράλληλα, θα γίνει αναφορά σε περεταίρω έρευνα που θα πρέπει να πραγματοποιηθεί πάνω στο κομμάτι της ταυτοποίησης προσώπων μέσω της στυλομετρίας, αναφορικά με την ιδιωτικότητα αλλά και για άλλες χρήσεις.

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα

Στο προηγούμενο κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε μια σειρά δοκιμών, μέσω του στυλομετρικού συστήματος ShadowCloak, σε διαφορετικά σενάρια χρήσης έτσι ώστε να διερευνηθούν οι δυνατότητες και η αποδοτικότητα της στυλομετρίας ως μέσο αναγνώρισης προσώπων. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν την υπάρχουσα έρευνα που έχει γίνει γύρω από το αντικείμενο αυτό και απέδειξαν ότι η στυλομετρία μπορεί πραγματικά να χρησιμοποιηθεί ως μέσο αναγνώρισης προσώπων με βάση τον τρόπο γραφής τους. Επίσης, τα αποτελέσματα έδειξαν πως η επιτυχημένη ταυτοποίηση μπορεί να επιτευχθεί χωρίς να απαιτείται μεγάλος όγκος γνωστών δεδομένων, αρκεί το κείμενο να χαρακτηρίζεται από έναν αναγνωρίσιμο τρόπο έκφρασης.

Με βάση τα παραπάνω, μπορεί να ειπωθεί πως η στυλομετρία όντως μπορεί να αποτελέσει απειλή για την ιδιωτικότητα των χρηστών του διαδικτύου, γεγονός που δίνει μια γενική απάντηση στο ευρύτερο θέμα της έρευνας. Παρακάτω θα αναλυθούν περαιτέρω τα

αποτελέσματα αναφορικά με το πλαίσιο της ιδιωτικότητας ενώ παράλληλα θα γίνει μια απόπειρα να δοθούν και πιο λεπτομερείς απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα της διατριβής.

5.1 Συμπεράσματα

Η στυλομετρία είναι πράγματι μια τεχνική με πολύ μεγάλες δυνατότητες και εύρος χρήσεων. Κάθε άνθρωπος εκφράζεται με ένα συγκεκριμένο τρόπο έκφρασης ο οποίος είναι μοναδικός και αναγνωρίσιμος, αντίστοιχος με τα βιομετρικά του χαρακτηριστικά. Η έρευνα αυτού του γεγονότος ανοίγει ένα τεράστιο ωκεανό γνώσεων σε μια πληθώρα επιστημών και γνωστικών χώρων, από τη δικανική ως την ψυχολογία, την κοινωνιολογία, τη γλωσσολογία, κ.ο.κ..

Στην περίπτωση της αναγνώρισης προσώπων που μελετήθηκε στην παρούσα διατριβή, αποδείχθηκε πως μέσω της στυλομετρίας είναι απόλυτα δυνατή η ταυτοποίηση ενός προσώπου αποκλειστικά και μόνο από τον τρόπο γραφής του. Μάλιστα, αυτό επιτεύχθηκε με τη χρήση μόνο μίας μετρικής, της μεταβολής στη συχνότητα χρήσης των πιο συχνών λέξεων, οι οποίες είναι οι λειτουργικές λέξεις ενός κειμένου. Η απάντηση λοιπόν στο ερώτημα εάν ο τρόπος γραφής ενός κειμένου είναι ικανό κριτήριο για την αναγνώριση του συγγραφέως τους είναι όπως αποδείχτηκε θετική.

Αναφορικά με το μοντέλο του συστήματος στυλομετρικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε η στατιστική μέθοδος Burrows' Delta, η οποία είναι και η πιο διαδεδομένη μέθοδος ανάλυσης. Από ότι έδειξαν τα πειράματα που διεξήχθησαν, η στατιστική αυτή μέθοδος ανάλυσης κατάφερε όντως να ταυτοποιήσει σωστά έναν αριθμό συγγραφέων. Επιπροσθέτως, για συγκεκριμένα κείμενα των οποίων ο τρόπος έκφρασης ήταν περισσότερο έκδηλος, τα ποσοστά της επιτυχημένης ταυτοποίησης ξεπέρασαν το 90%. Κατ' επέκταση το συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί είναι πως όχι μόνο είναι εφικτό με τη χρήση στυλομετρικών μεθόδων στατιστικής ανάλυσης, να αναγνωριστεί με καθοριστικό τρόπο ο συγγραφέας ενός κειμένου, αλλά μάλιστα και με μεγάλη επιτυχία για κάποιες κατηγορίες κειμένων, όπως τα βιβλία και τα διαδικτυακά άρθρα.

Μια άλλη παράμετρος του ζητήματος είναι όγκος των δεδομένων που απαιτείται για την αναγνώριση. Όπως αποδείχτηκε από τα πειράματα που έγιναν στην κατηγορία των άρθρων ο όγκος των κειμένων, με ρεαλιστικά δεδομένα, περιορίζεται σε μερικές εκατοντάδες λέξεις για τα γνωστά κείμενα εισόδου, και σε 200 περίπου λέξεις για το υπό ταυτοποίηση κείμενο. Θα

μπορούσε να ειπωθεί πως μέσα στον τεράστιο όγκο των δεδομένων που παράγουν οι χρήστες στο διαδίκτυο, ο περιορισμός των απαραίτητων δεδομένων για τη στατιστική ανάλυση, για τις περισσότερες περιπτώσεις, είναι αμελητέος.

Τα ίδια συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν και από τα πειράματα που έγιναν στις κατηγορίες των emails και των social media posts. Εκεί μετρήθηκε ο αντίκτυπος που έχει το πλήθος των δεδομένων και ο αριθμός των συγγραφέων στην επιτυχή ταυτοποίηση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν έχουν τόσο μεγάλη επίδραση. Ανέδειξαν όμως έναν άλλο περιορισμό της στατιστικής ανάλυσης, δηλαδή τη μεγάλη επίδραση που έχει το είδος των κειμένων στην επιτυχημένη ταυτοποίηση του συγγραφέα. Παρατηρήθηκε πολύ μεγάλη μείωση της αποτελεσματικότητας της στατιστικής σε κατηγορίες κειμένων όπου ο τρόπος έκφρασης συνήθως παραμελείται ή οριοθετείται από μια συγκεκριμένη δομή και ύφος, όπως παρατηρήθηκε στις κατηγορίες των Tweets και των εταιρικών Emails αντίστοιχα. Εκεί η στατιστική ανάλυση απέτυχε να δώσει καθοριστικά αποτελέσματα και δεν μπόρεσε να αποτελέσει ένα αξιόπιστο εργαλείο για την αναγνώριση προσώπων.

5.1.1 Η απειλή στην ιδιωτικότητα

Καθώς το αντικείμενο αυτής της διατριβής είναι η μελέτη της στατιστικής ως μέσο αναγνώρισης προσώπων αναφορικά με την ιδιωτικότητα, θα πρέπει να συνοψιστούν τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από τα αποτελέσματα σε σχέση με τους κινδύνους που μπορεί να προκαλέσει η χρήση της στατιστικής στην ιδιωτικότητα των χρηστών του διαδικτύου. Για να επιτευχθεί αυτό με έναν δομημένο και κατανοητό τρόπο, οι απειλές θα εξεταστούν ανάλογα το επίπεδο ανάγκης των χρηστών για ανωνυμία.

Το πρώτο επίπεδο λοιπόν αφορά τους χρήστες για τους οποίους η απώλεια της ανωνυμίας ισοδυναμεί με ποινικές διώξεις ή ακόμα και με απειλή για τη σωματική τους ακεραιότητα. Σε αυτή την κατηγορία ανθρώπων, την οποία συναντάμε συνήθως σε απολυταρχικά καθεστώτα, ανήκουν πολιτικοί αντιφρονούντες, ακτιβιστές, δημοσιογράφοι, κλπ.. Όσο σημαντικό είναι να προστατευτεί η ελευθερία της έκφρασης αυτών των ανθρώπων, άλλο τόσο σημαντική είναι και η απειλή προς την ιδιωτικότητα τους από τη χρήση στατιστικών μεθόδων ταυτοποίησης. Όπως αποδείχτηκε, μέσω της στατιστικής μπορεί με πολύ μεγάλη επιτυχία να αναγνωριστεί η ταυτότητα ενός προσώπου μέσω ενός κειμένου που έχει δημοσιεύσει ή αναρτήσει στο διαδίκτυο. Ανώνυμα άρθρα λοιπόν δημοσιογράφων, μαφιόζα πολιτών αντίθετων στο πολιτικό κατεστημένο, αναλύσεις ακτιβιστών για συγκεκριμένα θέματα, βιβλία γραμμένα με

ψευδώνυμο, όλα αυτά μπορούν να “ξεσκεπαστούν” εύκολα με τη χρήση της στυλομετρίας. Η απειλή στη ιδιωτικότητα λοιπόν σε αυτές τις περιπτώσεις είναι ιδιαίτερα κρίσιμη και κατ’ επέκταση θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα αποφυγής της στυλομετρικής ταυτοποίησης.

Το δεύτερο επίπεδο αφορά τους χρήστες οι οποίοι προτιμούν να παραμείνουν ανώνυμοι καθώς εκφράζουν απόψεις ή αναρτούν περιεχόμενο το οποίο δεν θα ήθελαν να συνδεθεί με το πρόσωπο τους. Αυτό μπορεί να συμβαίνει, π.χ., γιατί αυτό θα επιφέρει κοινωνικό στίγμα στο περιβάλλον που ζουν, είτε γιατί μπορεί να έχει επιπτώσεις στην επαγγελματική ή προσωπική τους ζωή, είτε γιατί απλά νιώθουν πιο άνετα να εκφράσουν ανώνυμα μια άποψη η οποία παρεκκλίνει από τις κοινωνικές νόρμες. Αυτή η ελευθερία που πηγάζει από την προστασία της ιδιωτικότητας είναι πολύ σημαντική για κάθε κοινωνία καθώς έτσι διευρύνεται το υπάρχον νοητικό κατεστημένο και εξελίσσονται οι κοινωνίες. Η απειλή στην ιδιωτικότητα αυτής της κατηγορίας χρηστών μπορεί να μην είναι τόσο κρίσιμη όσο στην προηγούμενη αλλά είναι παρόλα αυτά πολύ μεγάλη διότι η αναγνώριση τους θα μπορούσε να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα στην καθημερινότητα τους, αν για παράδειγμα φανεωνόταν προσωπικά δεδομένα όπως ο σεξουαλικός τους προσανατολισμός, η ιατρική τους κατάσταση, τυχόν ακραίες ιδεολογίες τους, ο θρησκευτικός ή πολιτικός τους προσανατολισμός, κ.α.. Η στυλομετρία λοιπόν, στο εύρος περιεχομένου όπου έδειξε να παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα ταυτοποίησης, μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα για αυτούς τους ανθρώπους και ως εκ τούτου θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν από τους ίδιους.

Το τρίτο επίπεδο έχει να κάνει με το σύνολο του πληθυσμού των ανθρώπων, με το μέσο χρήστη ο οποίος συνήθως δεν ασχολείται πολύ με την έννοια της ιδιωτικότητας, ούτε αντιλαμβάνεται τη σημασία της. Θεωρεί το διαδίκτυο ως μια αυθύπαρκτη διεπαφή χρήστη, χωρίς να αντιλαμβάνεται το παρασκήνιο της επεξεργασίας που αφορά τον ίδιο και τη ζωή του. Παρόλα αυτά η ιδιωτικότητα σε συλλογικό επίπεδο έχει ακόμα πιο κρίσιμη σημασία από ότι σε προσωπικό. Παραχωρώντας το δικαίωμα σε συστήματα να ταυτοποιούν τους χρήστες με αυτοματοποιημένο τρόπο, όπως για παράδειγμα μέσω της στυλομετρίας, δίνεται η δυνατότητα στους τεχνολογικούς κολοσσούς και σε κρατικές υπηρεσίες οι οποίες κατέχουν ήδη πάρα πολλά προσωπικά δεδομένα, να τα χρησιμοποιήσουν απέναντι στους ίδιους τους πολίτες με όποιο τρόπο κι αν το θελήσουν.

Τέτοιου είδους δύναμη δε θα πρέπει να παραχωρείται απλόχερα αλλά να ρυθμίζεται από τη νομοθεσία και να ελέγχεται από αρμόδιους οργανισμούς. Βήματα προς αυτή την κατεύθυνση έχουν ήδη γίνει στην Ευρώπη με την υποχρέωση των συστημάτων να ενημερώνουν τους

χρήστες και να ζητούν τη συναίνεση τους για οποιασδήποτε μορφής αυτοματοποιημένη επεξεργασία. Παρόλα αυτά η οδηγία GDPR στην οποία γίνεται αναφορά, δεν εφαρμόζεται με καθολικό τρόπο, ενώ παράλληλα υπάρχουν «γκρίζες ζώνες», εφόσον οι υπεύθυνοι επεξεργασίας των δεδομένων ισχυριστούν ότι η επεξεργασία αυτή συνιστά την απαραίτητη και ελάχιστη επεξεργασία δεδομένων που απαιτείται για την παροχή της εκάστοτε υπηρεσίας. Επιπροσθέτως, η κατάσταση είναι πολύ χειρότερη στον υπόλοιπο κόσμο, όπου τέτοιες υποχρεωτικές οδηγίες ευρείας κλίμακας δεν υφίστανται καν αφού η ιδιωτικότητα δεν αντιμετωπίζεται παντού ως θεμελιώδες ατομικό δικαίωμα.

Είναι λοιπόν για αυτή την τρίτη κατηγορία, για το μέσο χρήστη, που η απειλή της ιδιωτικότητας είναι πιο διαφανής αλλά και πολύ πιο κρίσιμη. Η στυλομετρία, στη μορφή που χρησιμοποιήθηκε από το σύστημα ShadowCloak, μπορεί να μην είναι ικανή να παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα για κάθε είδους περιεχόμενο, όπως τα σύντομα Social Media Posts και τα Emails. Αυτό δε σημαίνει όμως σε καμιά περίπτωση ότι άλλα συστήματα στυλομετρικής ανάλυσης δε βασίζονται σε πιο εξελιγμένους συνδυαστικούς αλγόριθμους με περισσότερες μετρικές, ή ότι δε συνδυάζουν τα αποτελέσματα της στυλομετρικής ανάλυσης με άλλα δεδομένα όπως η τοποθεσία, η IP, βιομετρικά χαρακτηριστικά, timestamps, κ.α.. για να προσδιορίσουν την ταυτότητα ενός προσώπου με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια. Για αυτό κρίνεται ως επιτακτική ανάγκη οι χρήστες πάντα να λαμβάνουν υπόψιν τις στυλομετρικές μεθόδους ανάλυσης όταν αναρτούν περιεχόμενο στο διαδίκτυο το οποίο δεν θέλουν να ταυτιστεί με τους ίδιους, όπως πχ σε ανώνυμα κοινωνικά δίκτυα ή χώρους συζητήσεων, σε προσωπικά blogs, κλπ.. Σε αυτό το πλαίσιο εξάλλου εντάσσεται και η τεχνική «τροποποίησης» μηνυμάτων με σκοπό την αποτροπή αναγνώρισης συγγραφέα (συσχέτισης κειμένου άγνωστης προέλευσης με άλλα κείμενα του ιδίου), η οποία διερευνήθηκε στην παρούσα διατριβή.

5.2 Περαιτέρω έρευνα

Στην έρευνα αυτή, αν και πραγματοποιήθηκε ένας μεγάλο αριθμός πειραματικών μετρήσεων σε ρεαλιστικά δεδομένα διαφορετικών κατηγοριών, σίγουρα δεν ήταν δυνατό να καλυφτεί η χρήση και η απόδοση της στυλομετρίας για την αναγνώριση προσώπων στο σύνολο της. Μιας και το θέμα αυτό είναι σχετικά νέο, υπάρχει πολύς χώρος για περαιτέρω έρευνα έτσι ώστε τα ερωτήματα που τέθηκαν στην παρούσα διατριβή να απαντηθούν σε ακόμα μεγαλύτερο βαθμό αλλά να δημιουργηθούν και νέα.

Μία από τις προεκτάσεις που θα μπορούσε να έχει η παρούσα διατριβή και που θα μπορούσε να αποτελέσει αντικείμενο νέας έρευνας είναι σίγουρα χρήση περισσότερων μετρικών για την μοντελοποίηση του στυλ του συγγραφέα. Στο στυλομετρικό σύστημα ShadowCloak χρησιμοποιήθηκε η μετρική της μεταβολής της χρήσης των συχνότερων λέξεων των κειμένων. Παρόλα αυτά η αποτίμηση άλλων μετρικών μοντελοποίησης του τρόπου έκφρασης, αλλά και ο συνδυασμός διαφορετικών μετρικών σε έναν ενιαίο σύστημα θα ήταν εξαιρετικά ενδιαφέρον αλλά και πιθανότατα να ανέβαζε κατά πολύ την αποδοτικότητα του στυλομετρικού συστήματος. Άλλες μετρικές θα μπορούσαν να είναι το μήκος των προτάσεων, των παραγράφων, των κειμένων, η κεφαλαιοποίηση, τα ορθογραφικά ή γραμματικά λάθη, ακόμα και η δομή του κειμένου όπως πχ η στοίχιση και οι κενές γραμμές, η συχνότητα χρήσης ειδικών χαρακτήρων όπως hashtags, σύμβολα αναφοράς "@" και πολλές άλλες. Ένα τέτοιο σύστημα θα ήταν ίσως πιο αποδοτικό και στις κατηγορίες όπου το παρών σύστημα δεν είχε πολύ θετικά αποτελέσματα, δηλαδή στα Tweets και στα Emails.

Περιθώρια για περαιτέρω έρευνα υπάρχει σαφώς και στην επιλογή διαφορετικών αλγόριθμων ταξινόμησης των εγγράφων ανά συγγραφέα. Η επιλογή του αλγόριθμου Burrows' Delta στο σύστημα ShadowCloak έγινε με βάση την πολύ καλή απόδοση του ακόμα και με μικρά set δεδομένων εισόδου. Παρόλα αυτά υπάρχουν και άλλοι αλγόριθμοι οι οποίοι βασίζονται σε μεθόδους μηχανικής μάθησης των οποίων οι δυνατότητες θα πρέπει να ερευνηθούν. Είναι πιθανό η αλματώδης ανάπτυξη των μεθόδων μηχανικής ανάπτυξης να ευνοήσει τη στυλομετρική ανάλυση παρέχοντας πολύ πιο αποδοτικούς αλγόριθμους από τους ήδη υπάρχοντες, καθιστώντας τη στυλομετρία ένα ακόμη πιο αποδοτικό και χρήσιμο εργαλείο στο μέλλον. Φυσικά, θα μπορούσε ένα στυλομετρικό σύστημα να βασίζεται σε παραπάνω από έναν αλγόριθμους, περίπτωση που επίσης θα μπορούσε να ερευνηθεί.

Επιπροσθέτως, αν και η παρούσα διατριβή ανέλυσε της δυνατότητες της στυλομετρίας σε διάφορες κατηγορίες κειμένων και σενάρια χρήσεων, υπάρχουν πολλά ακόμα σενάρια που θα μπορούσαν να αναλυθούν, όπως για παράδειγμα τα επιστημονικά papers, ο κώδικας λογισμικού, (οπότε η στυλομετρία μπορεί να συνεισφέρει και στον τομέα των πνευματικών δικαιωμάτων), κ.α... Παράλληλα, αν και έγινε μεγάλη προσπάθεια τα δεδομένα εισόδου να είναι όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικά έτσι ώστε τα αποτελέσματα των μετρήσεων αν είναι αξιόπιστα, πιθανότητα θα μπορούσαν να εξερευνηθούν και δεδομένα που περιέχονται σε άλλα datasets και corpora, τα οποία ιδανικά θα περιέχουν ακόμα περισσότερα δεδομένα ανά συγγραφέα στις κατηγορίες των σύντομων κειμένων όπως τα Social Media Posts,σ έτσι ώστε να διερευνηθεί αν τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής επιβεβαιώνονται και με άλλα set δεδομένων.

Τέλος, για την αναγνώριση προσώπων, θα μπορούσε να ερευνηθεί ο συνδυασμός της χρήσης στατιστικών μεθόδων με τη χρήση μεθόδων αναγνώρισης βιομετρικών χαρακτηριστικών, όπως για παράδειγμα η ταχύτητα πληκτρολόγησης ενός κειμένου ή κίνηση του ποντικιού. Μια δικτυακή εφαρμογή, όπως τα κοινωνικά δίκτυα που χρησιμοποιούνται ευρέως, έχουν τη δυνατότητα να αναλύουν τον τρόπο που πληκτρολογεί ο κάθε χρήστης αλλά και τον τρόπο που χρησιμοποιεί το ποντίκι στην ιστοσελίδα. Συνδυάζοντας αυτά τα δεδομένα με τον τρόπο έκφρασης στις αναρτήσεις του, πιθανότατα να μπορεί να σκιαγραφήσει μια πιο ακριβή εικόνα για την ταυτότητα του, δημιουργώντας έτσι μεγαλύτερη απειλή για την ιδιωτικότητα.

Προφανώς, πέρα από την έρευνα της στατιστικής σχετικά με την αναγνώριση προσώπων, το αντικείμενο αυτό παρουσιάζει ένα θησαυρό ευκαιριών για έρευνα πάνω στις ευρύτερες χρήσεις της στατιστικής, όπως αυτές παρουσιάστηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο και αφορούν πληθώρα επιστημονικών πεδίων και γνωστικών χώρων.

Τέλος, πρόσφορο έδαφος για έρευνα με σημαντική πρακτική εφαρμογή παρουσιάζει ο τομέας της ανωνυμοποίησης, ή διαφορετικά της αποφυγής της αναγνώρισης προσώπων με χρήση στατιστικών μεθόδων. Μία προσπάθεια έγινε ήδη στην παρούσα διατριβή μέσω του συστήματος ShadowCloak, με σταδιακή αντικατάσταση των πιο σημαντικών στατιστικών λέξεων. Θα παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον μια προσέγγιση αυτόματης παραλλαγής του κειμένου, μέσω αντικατάστασης με συνώνυμα, πολλαπλής μετάφρασης του κειμένου ή και άλλων τεχνικών. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα ένα εργαλείο ανωνυμοποίησης το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση των απειλών στην ιδιωτικότητα, ειδικά από άτομα των οποίων η ιδιωτικότητα απειλείται άμεσα και η προστασία της είναι ιδιαίτερα κρίσιμη, όπως δημοσιογράφοι, whistleblowers, πολιτικοί αντιφρονούντες, κ.α..

5.3 Επίλογος

Σύμφωνα με το διάσημο απόφθεγμα του Oscar Wilde, “Man is least himself when he talks in his own person. Give him a mask, and he will tell you the truth.”. Το διαδίκτυο, ως ένα ανοικτό και ανώνυμο μέσο, υπήρξε πραγματικά για κάποια χρόνια η επιβεβαίωση του παραπάνω ρητού. Ένα χωνευτήρι ιδεών και ένας “τόπος” ψηφιακής αλληλεπίδρασης ελεύθερος από διακρίσεις και λογοκρισία. Ένα μέσο πραγματικά ελεύθερο. Μόνο μέσω της προστασίας της ιδιωτικότητας θα μπορέσει να αποτραπεί μελλοντικά η κακή χρήση και η μεταστροφή του διαδικτύου από μέσο που ενώνει τους ανθρώπους, σε ένα υπερόπλο λογοκρισίας, προπαγάνδας, σεχταρισμού, πόλωσης και χειραγώγησης, που όμοιο του δεν θα έχει γνωρίσει ποτέ η ανθρωπότητα. Η αρχή έχει ήδη γίνει δυστυχώς και η ιδιωτικότητα έχει απεμποληθεί και αντικατασταθεί από άλλες προτεραιότητες όπως η στοχευμένη διαφήμιση, η ανάλυση της κοινής γνώμης και η μαζική παρακολούθηση με πρόφαση την εθνική ασφάλεια και την τρομοκρατία, προτεραιότητες που στοχεύουν απλά στην επικράτηση του ισχυρότερου, οικονομικά, πολιτικά ή στρατιωτικά. Είναι στο χέρι κάθε πολιτείας και των ειδικών του χώρου να ενημερώσουν το ευρύ κοινό για την αόρατη αυτή απειλή που караδοκεί τη σύγχρονη κοινωνία. Είναι και στο χέρι του καθενός να επιλέξει την προστασία της ιδιωτικότητας του απέναντι στην ευκολία χρήσης ή την απόκτηση δωρεάν υπηρεσιών.

Η παρούσα διατριβή διενεργήθηκε με σκοπό τη διερεύνηση αλλά και τη διάδοση της στυλομετρίας ως μεθόδου ταυτοποίησης. Παράλληλα όμως και για να ρίξει φως στις απειλές σχετικά με την ιδιωτικότητα που υπάρχουν στο διαδίκτυο στις μέρες μας, στις οποίες έρχεται να προστεθεί και η αυτοματοποιημένη ανάλυση του τρόπου γραφής μέσω της ανάλυσης του στυλ ενός κειμένου. Είναι ελπίδα του εκπονούντος αυτής της διατριβής ότι η ενημέρωση των χρηστών για τις σοβαρές απειλές στην ιδιωτικότητα στο διαδίκτυο θα επιτρέψουν στο μέλλον τη δημιουργία ενός διαδικτύου που θα σέβεται περισσότερο το δικαίωμα στην ιδιωτικότητα και εν γένει μιας πιο ελεύθερης ψηφιακής κοινωνίας.

Βιβλιογραφία

- [01] European Parliament and Council of European Union (2016) Regulation (EU) 2016/679. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016R0679&from=EN> (Accessed: 24/02/2021).
- [02] Brocardo, Marcelo & Traore, Issa & Saad, Sherif & Woungang, Isaac. (2013). Authorship verification for short messages using stylometry. Proceedings of the International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems (CITS). 1-6. 10.1109/CITS.2013.6705711.
- [03] Chatzakou, Despoina & Soler Company, Juan & Tsikrika, Theodora & Wanner, Leo & Vrochidis, Stefanos & Kompatsiaris, Ioannis. (2020). User Identity Linkage in Social Media Using Linguistic and Social Interaction Features. 295-304. 10.1145/3394231.3397920.
- [04] Davis, Robin Camille. (2019). Obfuscating Authorship: Results of a User Study on Nondescript, a Digital Privacy Tool. CUNY Academic Works.
- [05] Evert, Thomas & Proisl, & Jannidis, Fotis & Reger, Isabella & Pielström, Steffen & Schöch, Christof & Vitt, Thorsten. (2017). Understanding and explaining Delta measures for authorship attribution. Digital Scholarship in the Humanities. 32. 4-16. 10.1093/llc/fqx023.
- [06] Gomez Adorno, Helena & Rios, Germán & Posadas Durán, Juan & Sidorov, Grigori & Sierra, Gerardo. (2018). Stylometry-based Approach for Detecting Writing Style Changes in Literary Texts. Computación y Sistemas. 22. 10.13053/cys-22-1-2882.
- [07] Grivas, Andreas & Krithara, Anastasia & Giannakopoulos, George. (2015). Author profiling using stylometric and structural feature groupings. CLEF (Working Notes)
- [08] Luyckx, Kim & Daelemans, Walter. (2008). Authorship Attribution and Verification with Many Authors and Limited Data. 10.3115/1599081.1599146.
- [09] Mikros, George. (2013). Authorship Attribution and Gender Identification in Greek Blogs.
- [10] Pablo, Álvaro de et al. "Radical Text Detection based on Stylometry." ICISSP (2020).
- [11] Petr Plechávc, Klemens Bobenhausen, & Benjamin Hammerich (2019). Versification and authorship attribution. A pilot study on Czech, German, Spanish, and English poetry *Studia Metrica et Poetica*, 5(2), 29–54.

- [12] Piasecki, Maciej & Walkowiak, Tomasz & Eder, Maciej. (2018). Open Stylometric System WebSty: Integrated Language Processing, Analysis and Visualisation. *Computational Methods in Science and Technology*. 24. 43-58. 10.12921/cmst.2018.0000007.
- [13] Sadman, Nafiz & Gupta, Kishor Datta & Haque, Mohd & Sen, Sajib & Poudyal, Subash. (2020). Stylometry as a Reliable Method for Fallback Authentication. 10.1109/ECTI-CON49241.2020.9158216.
- [14] Schler, J. & Koppel, M. & Argamon, S. & Pennebaker, J. (2006). Effects of Age and Gender on Blogging in Proceedings of 2006 AAAI Spring Symposium on Computational Approaches for Analyzing Weblogs. URL: http://www.cs.biu.ac.il/~schlerj/schler_springsymp06.pdf
- [15] Stolerman, Ariel & Overdorf, Rebekah & Afroz, Sadia & Greenstadt, Rachel. (2014). Breaking the Closed-World Assumption in Stylometric Authorship Attribution. 10.1007/978-3-662-44952-3_13.
- [16] Vosoughi, Soroush & Zhou, Helen & Roy, Deb. (2015). Digital Stylometry: Linking Profiles Across Social Networks. 10.1007/978-3-319-27433-1_12.
- [17] Zhao, Ying & Zobel, Justin. (2007). Searching with Style: Authorship Attribution in Classic Literature. *Proceedings of the Thirtieth Australasian Conference on Computer Science*. 62. 59-68.
- [18] Carole Cadwalladr. (2017). The great British Brexit robbery: how our democracy was hijacked, *The Guardian*, 7 May. Available at:

<https://www.theguardian.com/technology/2017/may/07/the-great-british-brexit-robbery-hijacked-democracy> (Accessed: 28 March 2021).
- [19] Chatzistefanou, Vasileios & Limniotis, Konstantinos. (2017). On the (Non-)anonymity of Anonymous Social Networks. 153-168. 10.1007/978-3-319-71117-1_11.